

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 11-125141

(43) Date of publication of application : 11.05.1999

(51) Int.CI. F02D 41/40  
F02D 41/14  
F02D 45/00

(21) Application number : 09-306350 (71) Applicant : ISUZU MOTORS LTD

(22) Date of filing : 22.10.1997 (72) Inventor : SAKAI NOBUTAKA  
SAITO MASAAKI

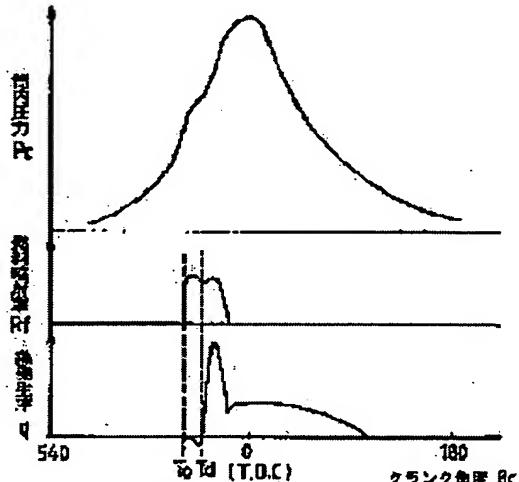
## (54) METHOD AND DEVICE FOR DETECTING IGNITION TIMING OF REAL FUEL IN ENGINE AND METHOD AND DEVICE FOR CONTROLLING FUEL INJECTION TIMING IN ENGINE

### (57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To prevent dispersion in ignition timing of each injector by computing heat generation rate from pressure data in a cylinder, calculating ignition timing from zero cross point of the heat generation rate and controlling a fuel injection timing so that it may agree with the aimed ignition timing.

**SOLUTION:** The data of internal pressure  $P_c$  in a cylinder are stored in a scope of  $360^\circ$  around top dead center in compression stroke of each cylinder (more than 540 and less than 180 in count value).

The heat generation rate  $q$  in the cylinder is calculated from the internal pressure  $P_c$  in the cylinder to be detected successively based on the stored data, and volume in the cylinder to be computed successively and their change rates. Then, a zero cross point  $T_d$  of the heat generation rate  $q$  is determined as an ignition timing for real fuel, and the fuel injection timing for injectors is controlled so that the ignition timing based on the following BTDC interruption signal may agree with the aimed ignition timing.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

**[Claim(s)]**

[Claim 1] In the engine with which the fuel injected in the gas column by the injector lights and burns While detecting the pressure in said gas column serially, the volume in said gas column is calculated serially. By injection of said fuel into said gas column, and combustion of said fuel within said gas column Calculate the heat rate in said gas column to change from those rate of change in said pressure in said gas column detected serially, and said volume list in said gas column calculated serially, and said heat rate determining the stage just changing from negative as a real fuel ignition stage The real fuel ignition stage detection approach of the engine by which it is characterized.

[Claim 2] In the engine with which the fuel injected in the gas column by the injector lights and burns By injection of said fuel into a cylinder internal pressure detection means to detect serially the pressure in said gas column of said engine, a cylinder content volume count means to calculate the volume in said gas column serially, and said gas column, and combustion of said fuel within said gas column The heat rate in said gas column to change with said cylinder internal pressure detection means With said pressure in said gas column detected serially, and said cylinder content volume count means Real fuel ignition stage detection equipment of the engine characterized by consisting of a heat rate count means to calculate from those rate of change in said volume list in said gas column calculated serially, and the real fuel ignition stage decision means which makes the stage when said heat rate just changes from negative a real fuel ignition stage.

[Claim 3] In the engine with which the fuel injected in the gas column by the injector lights and burns While asking for said target fuel injection timing to the operational status of said current engine, and said target fuel ignition stage from the target fuel injection timing beforehand decided based on the operational status of said engine, and a target fuel ignition stage and detecting the pressure in said gas column serially The volume in said gas column is calculated serially. By injection of said fuel into said gas column, and combustion of said fuel within said gas column Calculate the heat rate in said gas column to change from those rate of change in said pressure in said gas column detected serially, and said volume list in said gas column calculated serially, and said heat rate makes the stage to just change from negative a real fuel ignition stage. The fuel-injection-timing control approach of the engine characterized by amending said target fuel injection timing with the amount of fuel-injection-timing amendments which was determined and was calculated from the deflection of said real fuel ignition stage and said current target fuel ignition stage.

[Claim 4] In the engine with which the fuel injected in the gas column by the injector lights and burns By injection of said fuel into a cylinder internal pressure detection means to detect serially the pressure in said gas column of said engine, a cylinder content volume count means to calculate the volume in said gas column serially, and said gas column, and combustion of said fuel within said gas column The heat rate in said gas column to change with said cylinder internal pressure detection means With said pressure in said gas column detected serially, and said cylinder content volume count means In said volume list in said gas column calculated serially, with those rate of change A heat rate count means to calculate, and said heat rate make the stage to just change from negative a real fuel ignition stage. With said operational status detection means from the target fuel injection timing beforehand decided based on a real fuel ignition stage decision means to determine, an operational status detection means to detect the operational status of said engine, and said

operational status, and a target fuel ignition stage With the amount of fuel-injection-timing amendments for which a target stage calculation means to compute said target fuel injection timing to the operational status of said detected current engine and said target fuel ignition stage, and the list were asked from the deflection of said real fuel ignition stage and said target fuel ignition stage The fuel-injection-timing control unit of the engine characterized by having a combustion fuel-injection-timing amendment means to amend said target fuel injection timing.

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any  
damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

**[Detailed Description of the Invention]****[0001]**

[Field of the Invention] This invention relates to the engine fuel-injection-timing control approach and its equipment at the engine real fuel ignition stage detection approach and its equipment, and a list.

**[0002]**

[Description of the Prior Art] If a fuel is injected to a combustion chamber with an injector, since the combustible gas mixture formed between ignition delays at the combustion chamber will start combustion at a stretch, a chamber pressure goes up quickly after an ignition delay. the gaseous mixture which shortens an ignition-delay period, and takes a long combustion period, or is formed within an ignition-delay period in order to decrease the yield of NOx, since generating of NOx increases so that a fuel burns rapidly and the temperature of combustion gas becomes an elevated temperature -- it is possible to decrease an amount. However, although the amount of the gaseous mixture which burns in post-combustion will decrease and the yield of a smoke will decrease as these cures if a lot of gaseous mixture burns in early stages of combustion when 1 time of fuel oil consumption is fixed, the temperature of combustion becomes high and the yield of NOx increases. Although the yield of NOx will decrease on the other hand since the temperature of combustion is stopped comparatively if the gaseous mixture which burns in early stages of combustion decreases, the amount of the gaseous mixture which burns in post-combustion increases, and the yield of a smoke increases. Then, beforehand, setup and map-ization are carried out, combustion fuel injection timing is stored in a combustion injection control unit, at the time of operation, combustion fuel injection timing is determined based on this map, and the fuel from an injector is injected according to that determined stage so that both this condition may be taken into consideration, a suitable target ignition stage may be determined and actual ignition may be performed at this target ignition stage.

[0003] As the fuel-injection-timing control approach of a diesel power plant, or its equipment, the rate of change of cylinder internal pressure is computed or detected, and there is a thing indicated by JP,59-37235,A or JP,59-145334,A to control engine combustion fuel injection timing. The fuel-injection-timing control approach of the diesel power plant indicated by JP,59-37235,A detects combustion pressure by the combustion pressure sensor attached for every gas column of a diesel power plant, calculates the variation of the combustion pressure per unit time amount for every gas column, and when the value as which the variation of the combustion pressure of one of gas columns was beforehand determined according to the operational status of a diesel power plant is exceeded, it carries out lag amendment of the fuel injection timing of the gas column concerned. By carrying out lag amendment of such fuel injection timing, while the change curve of the combustion pressure accompanying progress of whenever [ crank angle ] lowers the peak value for every gas column, it becomes what changes gently, and it becomes possible to reduce engine noise level.

[0004] The fuel-injection-timing control unit of the diesel power plant indicated by JP,59-145334,A shown above When a piston only goes without accompanying the generating stage of the pressure peak at the time of combustion, and its peak value by combustion It responds to a pressure declining after that, if change per time amount of the pressure at the time of combustion is detected by the piezoelectric device and the pressure peak at the time of combustion occurs paying attention to changing according to an ignition stage as compared with a \*\*\*\*\* peak. or [ advancing fuel

injection timing so that it may be settled within a predetermined stage if pressure variation detects the stage of the zero cross which changes from forward to negative, compares the stage of a zero cross with the stage of a compression-pressure peak and spacing of both stages separates from the inside of predetermined time amount ] -- or control to delay is performed.

[0005] By the way, in a multiple cylinder engine, in what is going to detect cylinder internal pressure and is going to control fuel injection timing, based on engine operational status, target fuel injection timing is decided beforehand, and it asks for target fuel injection timing corresponding to the operational status of a current engine, and the drive stage to an injector is controlled so that actual fuel injection timing turns into the target fuel injection timing. However, according to the individual difference of an injector prepared in each gas column, it is difficult to inject a fuel as called-for target fuel injection timing, and the real fuel ignition stage when a fuel is actually lit after an ignition delay has produced variation to the target ignition stage. The variation in this real fuel ignition stage causes increase of the amount of NOx contained in exhaust gas, or a smoke. When an engine is in idling operational status especially, since the engine speed is low, engine operational status is unstable, and the variation in fuel injection timing influenced the variation in a real fuel ignition stage greatly, consequently has had big effect also on the exhaust gas engine performance.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Then, since the cylinder internal pressure of an engine gas column results in change to cylinder internal pressure by injection of a fuel, and subsequent combustion as compared with the cylinder internal pressure when repeating compression and expansion without injection of a fuel, it stands on a standpoint that there is relation between the cylinder internal pressure of a gas column and a real fuel ignition stage, and makes it the technical problem to ask for a real fuel ignition stage from the cylinder internal pressure of a gas column. Moreover, if a real fuel ignition stage is called for, it is making to amend fuel injection timing into the technical problem so that ignition of an actual fuel may be performed at a target ignition stage.

[0007]

[Means for Solving the Problem] The purpose of this invention is solving the above-mentioned problem, and is offering the fuel-injection-timing control approach of the engine of the engine which amends fuel injection timing so that the target fuel ignition stage for which searched for the heat rate in that gas column by count, and the method of detecting a real fuel ignition stage from that heat rate and equipment, and a list asked from engine operational status is in agreement from engine cylinder content volume and cylinder internal pressure at a real fuel ignition stage, and its equipment.

[0008] In the engine with which the fuel by which this invention was injected in the gas column with the injector lights and burns While detecting the pressure in said gas column serially, the volume in said gas column is calculated serially. By injection of said fuel into said gas column, and combustion of said fuel within said gas column Calculate the heat rate in said gas column to change from those rate of change in said pressure in said gas column detected serially, and said volume list in said gas column calculated serially, and said heat rate determining the stage just changing from negative as a real fuel ignition stage It is related with the real fuel ignition stage detection approach of the engine by which it is characterized.

[0009] Moreover, this invention is set in the engine with which the fuel injected in the gas column by the injector lights and burns. By injection of said fuel into a cylinder internal pressure detection means to detect serially the pressure in said gas column of said engine, a cylinder content volume count means to calculate the volume in said gas column serially, and said gas column, and combustion of said fuel within said gas column The heat rate in said gas column to change with said cylinder internal pressure detection means With said pressure in said gas column detected serially, and said cylinder content volume count means It is related with the real fuel ignition stage detection equipment of the engine characterized by consisting of a heat rate count means to calculate from those rate of change in said volume list in said gas column calculated serially, and a real fuel ignition stage decision means by which said heat rate makes the stage to just change from negative a real fuel ignition stage.

[0010] Moreover, this invention is set in the engine with which the fuel injected in the gas column by the injector lights and burns. While asking for said target fuel injection timing to the operational status of said current engine, and said target fuel ignition stage from the target fuel injection timing

beforehand decided based on the operational status of said engine, and a target fuel ignition stage and detecting the pressure in said gas column serially. The volume in said gas column is calculated serially. By injection of said fuel into said gas column, and combustion of said fuel within said gas column Calculate the heat rate in said gas column to change from those rate of change in said pressure in said gas column detected serially, and said volume list in said gas column calculated serially, and said heat rate makes the stage to just change from negative a real fuel ignition stage. It determines and is related with the fuel-injection-timing control approach of the engine characterized by amending said target fuel injection timing with the amount of fuel-injection-timing amendments calculated from the deflection of said real fuel ignition stage and said current target fuel ignition stage.

[0011] Furthermore, this invention is set in the engine with which the fuel injected in the gas column by the injector lights and burns. By injection of said fuel into a cylinder internal pressure detection means to detect serially the pressure in said gas column of said engine, a cylinder content volume count means to calculate the volume in said gas column serially, and said gas column, and combustion of said fuel within said gas column The heat rate in said gas column to change with said cylinder internal pressure detection means With said pressure in said gas column detected serially, and said cylinder content volume count means In said volume list in said gas column calculated serially, with those rate of change A heat rate count means to calculate, and said heat rate make the stage to just change from negative a real fuel ignition stage. With said operational status detection means from the target fuel injection timing beforehand decided based on a real fuel ignition stage decision means to determine, an operational status detection means to detect the operational status of said engine, and said operational status, and a target fuel ignition stage With the amount of fuel-injection-timing amendments for which a target stage calculation means to compute said target fuel injection timing to the operational status of said detected current engine and said target fuel ignition stage, and the list were asked from the deflection of said real fuel ignition stage and said target fuel ignition stage It is related with the fuel-injection-timing control unit of the engine characterized by having a combustion fuel-injection-timing amendment means to amend said target fuel injection timing.

[0012] With the real fuel ignition stage detection approach of the engine by this invention, and its equipment, a cylinder internal pressure detection means can detect cylinder internal pressure serially, and cylinder content volume can be serially calculated with a cylinder content volume count means. Such cylinder internal pressure detected and calculated and cylinder content volume, and a list can be asked for the heat rate in the gas column changed with those rate of change by injection of the fuel into a gas column, and combustion of the fuel within a gas column by count. A heat rate can consider that the stage to just change from negative is a real fuel ignition stage.

[0013] The real fuel ignition stage for which it asked with the real fuel ignition stage detection approach of the above-mentioned engine and its equipment was compared with the target fuel ignition stage beforehand decided from engine operational status, it asked for both deflection, and the amount of fuel-injection-timing amendments calculated from that deflection, target fuel injection timing amended and the last fuel injection timing has set with the amount of fuel-injection-timing amendments with the fuel-injection-timing control approach of the engine by this invention, and its equipment. By carrying out like this, fuel injection timing is amended and aggravation of the engine exhaust gas engine performance is prevented so that a real fuel ignition stage may be in agreement with a target fuel ignition stage.

[0014]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, with reference to a drawing, one example of the fuel-injection-timing control unit of the engine by this invention is explained. The graph with which the mimetic diagram and drawing 2 which show an example of the engine with which the fuel-injection-timing control device according [ drawing 1 ] to this invention is applied showed the situation of change of the cylinder internal pressure according to progress of whenever [ crank angle ], the rate of fuel injection, and a heat rate in the engine, and drawing 3 are graphs which show the outline of change of the cylinder internal pressure accompanying progress of whenever [ crank angle ], and the generating situation of various signals in the fuel-injection-timing control device of the engine shown in drawing 1 .

[0015] The outline of an engine example in which the fuel-injection-timing control device by this invention is applied is shown in drawing 1. In this example, an engine 1 is a 4-cylinder engine. The injectors 31, 32, 33, and 34 (3 is used when naming generically) which inject combustion, and the pressure sensors 41, 42, 43, and 44 (4 is used when naming generically) as a pressure detection means to detect the pressure (cylinder internal pressure) of a combustion chamber are formed in the combustion chamber (not shown) formed in a cylinder 2 four gas column #1-#4, respectively. the pressure sensor 4 detected -- each -- the signal showing the cylinder internal pressure of gas column #1-#4 is sent to the engine controller 7 (the fuel-injection-timing control in this invention is also managed) through the pressure signal processor 5. Moreover, the engine rotation sensor 6 is attached in the engine 1, and the signal about rotation of the engine 1 which the rotation sensor 6 detected is also inputted into the engine controller 7.

[0016] Drawing 2 is the graph which showed the situation of change of the cylinder internal pressure  $P_c$  to whenever [ crank angle ], and the rate  $R_f$  of fuel injection in each gas column. Although change of the cylinder internal pressure  $P_c$  in case fuel injection is not performed carries out symmetrical change to the peak of the cylinder internal pressure  $P_c$  with change of thetac whenever [ crank angle ], if the fuel which fuel injection was performed and was injected at time of day  $T_0$  is lit, the rise of the cylinder internal pressure  $P_c$  will become loose a little, and it will increase greatly with subsequent ignition. It is difficult to judge whenever [ crank angle ] correctly as a fuel ignition stage from this cylinder internal pressure  $P_c$  that goes abruptly up. In addition, injection control of the rate  $R_f$  of fuel injection is carried out so that it may have two peaks of initial injection and injection of Maine.

[0017] Four graphs of the upper case of drawing 3 express change of the cylinder internal pressure  $P_c$  accompanying progress of whenever [ crank angle / of gas column #1-#4 ], respectively. Since an engine 1 is a 4-cylinder, if the gas column number  $n$  is set to #1-#4 according to the list of a train, the combustion sequence  $i$  will serve as order of #1 ->#3 ->#4 ->#2, as shown in Table 1.

[Table 1]

燃焼順序 $i$	気筒番号 $n$
1	# 1
2	# 3
3	# 4
4	# 2

each -- when gas column #1-#4 greet like compression / explosion line one after another in above order, combustion is performed and a certain gas column passes like an explosion line, the following gas column is contained in the compression stroke. # Since the gas column of 1 is a criteria gas column, a gas column distinction (REF) signal is outputted at 120 degrees in front of a compression top dead center. Moreover, a BTDC signal is outputted at 60 degrees in front of the compression top dead center of each gas column. Since an engine is a four stroke cycle engine, counted value theta of whenever [ crank angle ] is 0 in the compression top dead center of # 1 cylinder, and takes a round of two rotations 719 of a crankshaft, i.e., counted value. # About a 1 cylinder, since it carries out from 180 degrees to 180 degrees (i.e., counted value) behind a compression top dead center in front of a compression top dead center, and # 1 cylinder greets like compression / explosion line when it is less than 180 or more in 540, the data of the cylinder internal pressure  $P_c$  which change a lot are stored in this period. Based on the stored data, MENN processing calculates in the predetermined time amount of 180 degrees behind a compression top dead center, and injection valve drive processing of an injector 31 is performed based on a next BTDC interrupt signal.

[0018] The relation of the various kinds of sensors and an injector 3 centering on the controller 7 of this engine is shown in drawing 4. Drawing 4 is the block diagram showing the outline of an engine fuel-injection-timing control device, and is outputting the control signal to each injector 3 in response to the detecting signal from the various sensors about rotation of an engine, and a cylinder internal pressure sensor, the gas column distinction (REF) sensor 8 which distinguishes the location of 120 degrees before the gas column from which the rotation sensor 6 of an engine 1 serves as

criteria among gas column #1-#4, for example, the top dead center of #1, -- each -- it consists of a sensor 10 whenever [ BTDC (before topdead center) sensor / which detects 60 degrees in front of the top dead center like the explosion line of gas column #1-#4 / 9, and crank angle / which detects whenever / crank angle / for every degree ]. In relation to the driving shaft of a fuel pump, or the cam shaft for an induction-exhaust valve drive, it is arranged so that the gas column distinction sensor 8 and the BTDC sensor 9 may emit four BTDC signals and one REF signal, respectively, while a crankshaft rotates it two times, since an engine 1 is a four stroke cycle engine. Moreover, the pressure sensor 4 which detects each cylinder internal pressure  $P_c$  is faced and attached in the combustion chamber of each gas column, and the cylinder internal pressure  $P_c$  is detected as relative pressure (gage pressure) with an atmospheric pressure.

[0019] In addition to each sensors 8-10 about rotation of the above-mentioned engine 1, in a controller 7, the detecting signal from a coolant temperature sensor 13 which detects the temperature of the fuel pressure sensor 12 which detects pressures, such as the accelerator opening sensor 11 and a common rail, and the cooling water which performs cooling of an engine 1 is inputted into a central processing unit (CPU) 14 as a thing showing the operational status of an engine 1. The detecting signal which the sensor of these various kinds detected and outputted is inputted into being inputted into CPU14, and parallel also at DSP (digital signalprocessor)15. DSP15 can subtract and add the inputted signal at high speed.

[0020] An exchange of the data between CPU14 and DSP15 is performed through the dual port memory 16 which is common RAM which can be written from both of CPU14 and DSP15. It connects through the CPU bus 17 between CPU14 and dual port memory 16, and connects through the DSP bus 18 between DSP15 and dual port memory 16. The cylinder internal pressure sensors 4 which detect the cylinder internal pressure  $P_c$  are the cylinder internal pressure sensors 41-44 formed respectively corresponding to gas column #1-#4. The analog signal of the cylinder internal pressure which the cylinder internal pressure sensors 41-44 detected is inputted into A-D converter 19, is changed into a digital signal, and is sent to DSP15 through the DSP bus 18.

[0021] the result to which CPU14 was processed by DSP15 about the information showing the operational status of the engine 1 inputted directly, and the cylinder internal pressure from the cylinder internal pressure sensors 41-44 from each sensors 8-13 -- being based -- an operation -- carrying out -- each -- control about fuel injection prepared respectively corresponding to gas column #1-#4, such as fuel injection timing of injectors 31-34 and fuel oil consumption, is performed.

DSP15 processes addition and subtraction of the digital signal about the cylinder internal pressure  $P_c$  at high speed. Since it is digital processing, the differential and the integral of the cylinder internal pressure  $P_c$  can also be calculated similarly at high speed. Moreover, in order that CPU15 may control the discharge quantity of the fuel pump 20 of an adjustable type in order to control the pressure of a common rail, and it may control the amount of exhaust gas recirculation, it controls EGR valve 21.

[0022] In the fuel-injection-timing control by CPU14, target fuel injection timing is called for on the map beforehand defined based on the signal from the accelerator opening sensor 11 and the sensors 8-10 about rotation of an engine 1. According to this invention, in consideration of an ignition delay, the fuel injection timing of each injectors 31-34 is amended so that the real fuel ignition stage called for from the cylinder internal pressure  $P_c$  which the cylinder internal pressure sensors 41-44 detected may be in agreement at a target fuel ignition stage. Hereafter, amendment of this fuel injection timing is explained.

[0023] Processing of CPU14 is performing Maine processing as shown in drawing 5 . Drawing 5 is a flow chart which shows the Maine processing of CPU in fuel-injection control of the engine shown in drawing 4 . This Maine processing consists of each following step.

- (1) Initialization of CPU14 is performed (it abbreviates to step 1 and S1.). It is below the same.
- (2) Process a sensor signal (S2). The detecting signal from various kinds of sensors inputted into CPU14 as shown in drawing 4 is processed.
- (3) Perform count of the fuel quantity which each injector 3 should inject, i.e., fuel oil consumption, based on the information acquired by signal processing performed by S2 (S3). Count of fuel oil consumption is performed in the characteristics-of-spray-amount map beforehand determined by accelerator opening and the engine speed by calculating the target fuel oil consumption  $Q_b$

corresponding to current accelerator opening and a current engine speed (the last fuel oil consumption may be calculated in the amount of amendments of the required injection quantity).

(4) Moreover, calculate the stage when each injector 3 should inject a fuel, i.e., fuel injection timing, based on the information acquired by signal processing performed by S2 (S4). The target fuel injection timing corresponding to the injection quantity calculated by S3 in the fuel-injection-timing property map decided beforehand by the injection quantity and the engine speed and a current engine speed is called for. In count of fuel injection timing, although the last fuel injection timing Tf is called for based on this target fuel injection timing, about the detail of that count, it mentions later.

(5) Calculate the pressure which injects a fuel, i.e., fuel injection pressure, so that the fuel oil consumption calculated by S3 can be injected at the fuel injection timing asked by S4 based on the information furthermore acquired by signal processing performed by S2 (S5). Control of fuel injection pressure is performed by asking for a target injection pressure from the injection quantity and an engine speed, and is performed by controlling the flow control valve of a fuel pump and still more specifically controlling the common-rail-pressure force. Fuel-injection control consists of injection-quantity control, fuel-injection-timing control, and an injection pressure force control as above-mentioned, and a controller 7 performs control of each injector 3 and the common-rail-pressure force so that a fuel may be injected from each injector 3 on each above-mentioned injection conditions. After CPU14 is initialized by S1, S2-S5 are performed in order to the injector 3 which should perform fuel injection, respectively, and above S2-S5 are repeated for every injection.

[0024] One reference mark (loss of teeth is sufficient) is formed in the angular position corresponding to 120 degrees in front of the compression top dead center of criteria gas column #1, and when the gas column distinction sensor 8 detects this reference mark, 1 time per pumping-axes 1 rotation of a REF signal is outputted to the rotor plate fixed to the pumping axes of a fuel pump 20, or the cam shaft for an induction-exhaust valve drive. The gas column distinction sensor's 8 output of a REF signal performs REF interruption as shown in drawing 6 . Drawing 6 is a flow chart which shows interrupt processing when a gas column distinction signal is inputted in the Main processing shown in drawing 5 . In this interrupt processing, reset processing which sets counted value CNb of the signal in front of a compression top dead center to 0 is performed. That is, since an engine 1 is a 4-cylinder, the counted value CNb of the signal in front of a compression top dead center can take four integral values from 0 to 3. Since the rotation sensor 6 will detect a reference mark before one increment of counted value CNb is carried out and it is set to 4 if injection and ignition of the fuel in each gas column take a round from when counted value CNb is 0, counted value CNb is reset by 0 (S6).

[0025] The mark (loss of teeth is sufficient) in front of [ of four ] a top dead center is formed in the angular position corresponding to 60 degrees every 90 degrees in front of the compression top dead center of each gas column 4, and when the BTDC sensor 9 detects a mark in front of a top dead center, 4 times per pumping-axes 1 rotation of BTDC signals are outputted to the rotor plate fixed to the pumping axes of a fuel pump 20 (see the graph shown in the middle of drawing 3 ). If a BTDC signal is inputted into CPU, BTDC signal interrupt processing in processing of CPU which shows to drawing 7 and is explained below will be performed. Drawing 7 is a flow chart which shows interrupt processing when a BTDC signal is inputted in the Main processing shown in drawing 5 .

(1) The rotational speed of an engine 1 is calculated (S10). That is, based on the time amount taken [ after detecting the last BTDC signal ] to detect this BTDC signal, the rotational frequency of the engine 1 per unit time amount is computed.

(2) Judge whether the counted value CNb of a BTDC signal is 0 (S11). If counted value CNb is 0, fuel-injection processing (activation of the fuel injection of S2-S5, and after that) of the injector 31 formed in the gas column (#1) of the combustion sequence  $i=1$  will be performed (S12). The timing of processing of this injector is shown in the graph of the bottom of drawing 3 .

(3) If counted value CNb is not 0 in the judgment by S11, it will shift to S13 immediately and will judge whether counted value CNb is 1 (S13).

(4) If counted value CNb is 1, fuel-injection processing (activation of the fuel injection of S2-S5, and after that) of the injector 33 formed in the gas column (#3) of  $i=2$  will be performed (S14).

(5) If counted value CNb is not 1 in the judgment by S13, it will shift to S15 immediately and fuel-injection processing of the injector in the case of being YES will be performed in the same judgment

processing as the above, and judgment processing below (S15).

(6) By S12, S14, or S15, if fuel-injection processing of which injector 3 of #1-#4 is performed, since it will surely be set to NO in judgments other than the judgment of the corresponding counted value CNb, make into the new counted value CNb what increased 1 to counted value CNb by S16 (S16), and end this interrupt processing. Also in this next interrupt processing, the judgment to the following counted value CNb serves as YES by either of the same judgments by S11, S13, or S15. If the sequential increment of the counted value CNb is carried out and counted value CNb is set to 3, before counted value CNb is set to 4, a reference mark will be detected, and counted value CNb will be reset by S6 0.

[0026] Next, the Maine processing of DSP15 is explained based on drawing 8. Drawing 8 is a flow chart which shows the Maine processing of DSP in fuel-injection control of the engine shown in drawing 4.

(1) Initialize DSP (S20).

(2) If initialization is completed, cylinder internal pressure processing will be performed (S21). Cylinder internal pressure processing is processing of the cylinder internal pressure data of detected gas column #1-#4, and is performed about gas column #1-#4 corresponding by repeating cylinder internal pressure data processing for every degree whenever [ crank angle ].

[0027] In DSP, storing in initialization of crank \*\* contained in the AD translation termination-interrupt processing and the memory of cylinder internal pressure data and processing of renewal of whenever [ crank angle ] are performed in the AD translation termination-interrupt processing shown in drawing 9, and a list as a premise for performing processing in a cylinder shown in S21. Drawing 9 is a flow chart which shows interrupt processing at the time of the AD translation termination in the Maine processing of DSP shown in drawing 8. Although the cylinder internal pressure of each gas column is changed into digital one from the analog by A-D converter 19 for every degree whenever [ crank angle ], AD translation termination-interrupt processing is performed whenever conversion by this A-D converter 19 is completed.

(1) Read the AD translation result ADr of cylinder internal pressure (i) (S30). The AD translation result ADr of each cylinder internal pressure (i) is read as  $P_c$  (i) in order of [ i ] combustion (= 1-4).

(2) Next, initialization of whenever [ crank angle ] is performed (S31).

(3) Cylinder internal pressure data are stored in memory (S32).

(4) Renewal of whenever [ crank angle ] is performed (S33).

S31-S33 are explained below at a detail, respectively.

[0028] Initialization of whenever [ in S31 / crank angle ] is explained based on the flow chart shown in drawing 10. Drawing 10 is a flow chart which shows processing of initialization of whenever [ in interrupt processing at the time of the AD translation termination which \*\* to drawing 9 / crank angle ]. An engine is a 4-cylinder engine, and since injection and ignition of the fuel of each gas column take a round of two rotations of a crankshaft, a round period of whenever [ crank angle ] is 720 by the count of a count. Counted value theta of whenever [ crank angle ] counts 1 at 1 degree. The counted value to 719 is taken until counted value theta of whenever [ crank angle ] sets the time of the gas column (#1) of the combustion sequence  $i = 1$  taking the location of a top dead center to 0 and injection and ignition of the fuel of a 4-cylinder take a round.

(1) Judge whether initialization of whenever [ crank angle ] is already completed (S40). If initialization of whenever [ crank angle ] is completed, it will already return to the routine of an AD translation termination interrupt immediately. If initialization of whenever [ crank angle ] is not completed, a step shifts to S41.

(2) Judge whether the REF signal outputted to 120 degrees in front of the top dead center of a specific gas column (#1), i.e., the gas column of  $i = 1$ , has started (S41). If the REF signal has not started, a return is immediately carried out to the routine of an AD translation termination interrupt.

(3) If the REF signal has started in S41, number-of-counts theta of whenever [ crank angle ] will be set as the 720 minus 120 (namely, 600) (S42). 120 is equivalent to whenever [ setting-angle / of a gas column distinction sensor ].

(4) Termination of a setup in S42 terminates initialization of whenever [ crank angle ] (S43).

[0029] Next, the storing processing to the memory of the cylinder internal pressure data in S32 is explained based on the flow chart shown in drawing 11. Drawing 11 is a flow chart which shows the

storing processing to the memory of the cylinder internal pressure data in interrupt processing at the time of the AD translation termination which \*\* to drawing 9 .

(1) Judge whether number-of-counts theta of whenever [ crank angle / which was initialized ] is 540 or more and below 720 (= 0), or it is less than 180 more than zero (= 720) (S50). If number-of-counts theta of whenever [ crank angle ] is not contained within the limits of this, it shifts to S57. Whenever [ crank angle / of the gas column (#1) of i= 1 ] is the range corresponding to less than 180 degrees before and behind a compression top dead center, and the range of number-of-counts theta defined by S50 is range even like [ from a compression stroke ] an explosion line. Cylinder internal pressure in the meantime is important for ignition stage control, and is adopted as data.

(2) It is judged whether number-of-counts theta of whenever [ crank angle ] is 540 (S51). If this number-of-counts theta is 540, since it is the starting point of the range of above-mentioned number-of-counts theta, number-of-counts thetac (1) is cleared whenever [ classified by gas column / crank angle / which is defined as the number of counts of whenever / crank angle / about the gas column of i= 1 ], and it is referred to as 0 (S52). It is shown that one in a parenthesis is the number of counts whenever [ about the gas column of i= 1 / crank angle ]. Therefore, thetac (1) takes the values from 0 to 359.

(3) Let cylinder internal pressure  $P_c$  about the gas column of  $i= 1$  (1) be the cylinder internal pressure  $P_c$  (thetac (1), 1) at the time of number-of-counts thetac (1) whenever [ classified by gas column / crank angle ] (S53).

(4) Judge whether number-of-counts thetac (1) is 359 whenever [ about the gas column of  $i= 1$  / classified by gas column / crank angle ] (S54). That is, it judges whether it is the terminal point of the range whenever [ about the gas column of  $i= 1$  / data collection crank angle ].

(5) Supposing thetac (1) is 359, since thetac (1) is after performing it from 0 to 359, storing of the cylinder internal pressure data about the gas column of  $i= 1$  will already have ended it (S55).

(6) Supposing thetac (1) is not 359, since thetac (1) has not reached to a terminal point yet, it will set to new thetac (1) that from which only 1 increased the number of counts of thetac (1) corresponding to advancing 1 degree whenever [ crank angle ] (S56).

[0030] (7) Next, number-of-counts theta of whenever [ crank angle ] judges [ or more 0 ] whether it is less than 360 (S57). If number-of-counts theta of whenever [ crank angle ] is not contained within the limits of this, it shifts to S64. The corresponding range of whenever [ crank angle / of the gas column (#3) of the combustion sequence  $i= 2$  ] is less than 180 degrees before and behind a compression top dead center, and the range of number-of-counts theta defined by S57 is range even like [ from the compression stroke ] an explosion line. Cylinder internal pressure in the meantime is required for ignition stage control, and it is adopted as data. Therefore, when number-of-counts theta of whenever [ crank angle ] is less than [ 0 or more ] 180, storing of the cylinder internal pressure data about the gas column (#1) of  $i= 1$  and the gas column (#3) of  $i= 2$  is performed.

(8) It is judged whether number-of-counts theta of whenever [ crank angle ] is 0 (S58). If this number-of-counts theta is 0, since it is the starting point of the range of above-mentioned number-of-counts theta, number-of-counts thetac (2) is cleared whenever [ classified by gas column / crank angle / which is defined as the number of counts of whenever / crank angle / about the gas column (#3) of  $i= 2$  ], and it is referred to as 0 (S59). Therefore, thetac (2) about the gas column of  $i= 2$  takes the values from 0 to 359.

(9) Let cylinder internal pressure  $P_c$  (2) about the gas column of  $i= 2$  at the time of number-of-counts thetac (2) be the cylinder internal pressure  $P_c$  (thetac (2), 2) whenever [ classified by gas column / crank angle ] (S60).

(10) Judge whether number-of-counts thetac (2) is 359 whenever [ about the gas column of  $i= 2$  / classified by gas column / crank angle ] (S61).

(11) Supposing thetac (2) is 359, since thetac (2) is after performing it from 0 to 359, storing of the cylinder internal pressure data about the gas column of  $i= 2$  will already end it (S62).

(12) Supposing thetac (2) is not 359, since thetac (2) has not reached to a terminal point yet, it will set to new thetac (2) that from which only 1 increased the number of counts of thetac (2) corresponding to advancing 1 degree whenever [ crank angle ] (S63).

(13) henceforth --  $i=$  -- also about that [ gas column (#4 and #2) ] of 3 and 4, carry out same processing and store cylinder internal pressure data in memory (S64).

[0031] Next, an update process of whenever [ crank angle ] is explained with reference to the flow chart shown in drawing 12. Drawing 12 R> 2 is a flow chart which shows an update process of whenever [ in interrupt processing at the time of the AD translation termination which \*\* to drawing 9 / crank angle ]. Renewal S33 of whenever [ crank angle ] is performed for every increment of thetac.

- (1) Increase one and update number-of-counts theta of whenever [ crank angle ] (S70).
- (2) Judge whether number-of-counts theta is less than 720 (S71). Since the injection about four gas columns and ignition have not taken a round yet with [ number-of-counts theta ] 720 [ less than ], interrupt processing after AD translation termination is continued.
- (3) With [ number-of-counts theta ] 720 [ or more ], reset number-of-counts theta to 0 (S72).

[0032] Next, the detail of the cylinder internal pressure processing under Maine processing of DSP shown in drawing 8 (S21) is explained with reference to the flow chart shown in drawing 13. Drawing 13 is a flow chart which shows the cylinder internal pressure processing in the Maine processing of DSP shown in drawing 8.

- (1) Judge whether the cylinder internal pressure data storage of the gas column (#1) of the combustion sequence  $i=1$  performed in S55 of drawing 11 is completed (S80). If the cylinder internal pressure data storage of the gas column (#1) of  $i=1$  is not completed, it judges whether it shifted to S84 and the cylinder internal pressure data storage of the gas column (#3) of  $i=2$  is completed.
- (2) By the judgment of S80, after the cylinder internal pressure data storage of the gas column of  $i=1$  is completed, perform filtering to data (S81). Since cylinder internal pressure data are changed sharply, they perform filtering, such as taking the moving average, remove a noise, and obtain a smooth cylinder internal pressure curve (refer to drawing 2 ).

[0033] (3) Calculate a heat rate  $q$  from the obtained pressure curve (S82). A heat rate  $q$  is searched for as follows. First, cylinder content volume  $V_{theta}$  is expressed with the following formula.

[Equation 1]

$$V_{\theta} = V_c + \pi \times \frac{B^2}{4} \times \left\{ L + \frac{S}{2} - \left( \frac{S}{2} \cos \theta_c + \sqrt{L^2 - \left( \frac{S}{2} \cos \theta_c \right)^2} \right) \right\}$$

Here, for  $V_c$ , a clearance volume [m<sup>3</sup>] and  $S$  are [ connecting rod die length [m] and thetac of a piston stroke [m] and  $L$  ] [deg(s)] whenever [ crank angle ]. This cylinder content volume  $V_{theta}$  and whenever [ that crank angle ], since the differential value by thetac is beforehand calculated by count, it is stored in memory. Moreover, whenever [ cylinder internal pressure  $P_c$  and its crank angle ], a sensor detects the differential value by thetac and it is acquired by processing by DSP. Heat rate  $q = dQ/d\theta$  is called for by the following formula.

[Equation 2]

$$q = \frac{dQ}{d\theta} = \frac{1}{\kappa-1} \left( V_{\theta} \cdot \frac{dP_c}{d\theta} + \kappa \cdot P_c \cdot \frac{dV_{\theta}}{d\theta} \right)$$

Here, the upper formula is calculated on real time noting that the ratio of specific heat  $\kappa$  is fixed.

(4) Calculate the fuel ignition stage  $T_d$  (1) (S83). About the detail of this count, it mentions later.

[0034] (5) If the cylinder internal pressure data storage of the gas column (#1) of the combustion sequence  $i=1$  is not completed, judge whether the cylinder internal pressure data storage of the gas column (#3) of  $i=2$  is completed (S84). Since it is the same as that of S80-S83, each step of filtering after S84 (S85), count (S86) of a heat rate  $q$ , and count (S87) of the ignition stage  $T_d$  (2) is skipped. Similarly, processing with the same said of the gas column (#4) of  $i=3$  and the gas column (#2) of  $i=4$  is performed. In addition, processing of drawing 11 is in the condition with which storing of the cylinder internal pressure data of a part finished 10 combustion lines of each gas column as interruption of whenever [ crank angle ], and each step of filtering, count of a heat rate, and count of the ignition stage  $T_d$  ( $i$ ) is performed.

[0035] Next, count of the ignition stage  $T_d$  ( $i$ ) is explained with reference to the flow chart shown in drawing 14. Drawing 14 R> 4 is a flow chart which shows the computation of the ignition stage  $T_d$

in the cylinder internal pressure processing shown in drawing 13 (i). i is the combustion number which can take the value of 1-4, and common processing is performed to i value each. Moreover, thetac is the counted value of whenever [ crank angle / of compression / explosion process of each gas column ], and an explosion line counts whenever [ 180-degree crank angle / of the range ] to 0-359 before and behind a top dead center. This flow chart is performed when theta is three or more, as shown in S90 (S90). Suppose that the heat rate q is already searched for in S82 or S86 grade. Moreover, the graph of the heat rate q over counted value thetac of whenever [ crank angle / which is shown in drawing 16 ] is referred to.

(1) Judge whether q (i) and (thetac-3) are negative about the combustion sequence i at that time (S91).

(2) If q (i) and (thetac-3) are negative, it will judge whether q (i) when theta progresses whenever [ crank angle ] only in one count, and (thetac-2) are negative (S92).

(3) If q (i) and (thetac-2) are negative, it will judge whether q (i) when only further 1 count progresses theta whenever [ crank angle ], and (thetac-1) are forward (S93).

(4) If q (i) and (thetac-1) are forward, it will judge whether q (i) and (thetac) when only further 1 count progresses theta whenever [ crank angle ] are forward (S94).

[0036] (5) If q (i) and (thetac) are forward, the ignition stage Td (i) will presuppose that it is thetac-2 (S95). That is, since the sign of a heat rate q is changing by the counted value of whenever [ four continuous crank angle ] between thetac-2 which it is at the middle time, and thetac-1 as shown in drawing 16, it is considered that the ignition stage Td (i) is thetac-2. In practice, since a zero crossing point is between thetac-2 and thetac-1, it may interpolate and you may ask for a zero crossing point. Moreover, when the precision of an operation is good, a sign may just change from negative by two points of order, and the time may be searched for as a zero crossing point.

(6) When q (i) and (thetac-3) are forward in S91 and q (i) and (thetac-2) are forward in S92, When q (i) and (thetac-1) are negative in S93, and when q (i) and (thetac) are negative in S94, let the fuel ignition stage Td (i) be the stage of counted value 0 whenever [ crank angle ], respectively (S96).

That is, only when the sign of q changes between thetac-2 and thetac-1, the fuel ignition stage Td (i) is called for by S95, and the fuel ignition stage Td (i) is altogether set to 0 in the situation except the.

(7) Judge whether the fuel ignition stage Td (i) is a stage of counted value 0 whenever [ 0, i.e., crank angle, ] (S97).

(8) Increase theta one time as the fuel ignition stage Td (i) is 0 (S98).

(9) Judge whether there is thetac by 360 (S99). That is, it judges whether it is the counted value of the last of the range which thetac can take. If the range which should still be calculated remains in thetac, it will return to S41 and a routine will be performed again.

[0037] By the flow chart shown in drawing 14, if the fuel ignition stage Td (i) can be found, the fuel injection timing in each injector will be corrected so that an actual fuel ignition stage may be in agreement with a target fuel ignition stage. The injector 31 formed in #1 which shows the method of the correction to drawing 15 is taken for an example, and it explains below. Drawing 15 is a flow chart which shows processing of fuel-injection-timing amendment of the injector in interrupt processing when the BTDC signal shown in drawing 7 is inputted.

(1) In the Maine processing of CPU shown in drawing 5, since the target fuel injection pressure Pb, the target fuel oil consumption Qb, and the target fuel injection timing Tb are called for, read those values (S100).

(2) Judge whether an engine is idle operational status (S101). It is called for based on the rotational frequency of each sensor about rotation of an engine, and the engine calculated [ especially ] from the BTDC sensor 9, the detection output of the accelerator opening sensor 11, etc. whether an engine is in idle operational status.

(3) Read the target fuel ignition stage Tr using data currently called for beforehand, such as ignition stage delay, (S102).

(4) Calculate ignition stage deflection deltaTe by the following formula from the fuel ignition stage Td (1) for which it asked by S95, and the target fuel ignition stage Tr read by S102 (S103). One in a parenthesis expresses that it is the fuel ignition stage to a gas column (#1) and ignition stage deflection of the combustion sequence i= 1.

It asks for amount of amendments delta[ of deltaTe(1) =Td(1)-Tr (5) fuel injection timing ] theta (1)

by the following formula (S104).

What was corrected based on ignition stage deflection  $\Delta T_e$  is set to this amount of amendments  $\Delta \theta_e$  (1) to amount of amendments  $\Delta \theta$  of  $\Delta \theta_e(1) < -\Delta \theta_e(1) + \Delta T_e G_\theta$  last time ]  $\theta_e(1)$ . However,  $G_\theta$  expresses gain.

(6) Ask for the last fuel injection timing  $T_f(1)$  based on the following formula based on amount of amendments  $\Delta \theta$  of this fuel injection timing for which it asked by S104 ]  $\theta_e(1)$  (S105).

What imposed Gain  $G_t$  on amount of amendments  $\Delta \theta$  of this fuel injection timing ]  $\theta_e(1)$  is added to  $T_f(1) = T_b(1) + \Delta \theta_e(1) \times G_t(1)$   $T_b$ , i.e., target fuel injection timing, and it asks for the last fuel injection timing  $T_f(1)$ .

(7) Calculate the injection pulse width  $PW$  from the target fuel oil consumption  $Q_b$  and the target fuel injection pressure  $P_b$  (S106).

(8) Set fuel injection timing and injection pulse width to a driving pulse output counter (S107). That is, it determines whether the solenoid valve to an injector 31 is boiled when, and it is made to operate how much time amount in between.

[0038] If the fuel which fuel injection was performed and was injected at time of day  $T_0$  when drawing 2 was referred to again is lit, the rise of the cylinder internal pressure  $P_c$  will become loose a little, and will increase greatly with subsequent ignition. Although it was difficult to judge whenever [ crank angle ] correctly from this cylinder internal pressure  $P_c$  that goes abruptly up, if its attention is paid to a heat rate  $q$ , it can ask for a real fuel ignition stage correctly as mentioned above. That is, although 1 \*\* shows a negative heat rate by endoergic as shown in the graph of the heat rate  $q$  of the lower berth when a fuel is injected by the combustion chamber at the rate  $R_f$  of fuel injection shown in the graph of the middle of drawing 2, it changes to a forward heat rate after that. the beginning when, as for the heat rate  $q$ , fuel injection was performed -- some -- falling (based on evaporation of a fuel) -- it can be considered that the zero cross time of day  $T_1$  which a heat rate  $q$  changes to an increment and a heat rate  $q$  just changes from negative with ignition of a fuel is the fuel ignition stage  $T_d$ . The period from time of day  $T_0$  to time of day  $T_d$  is equivalent to the ignition-delay period of a fuel.

[0039] If the contents of the above flow chart are summarized with reference to drawing 3, four graphs of the upper case of drawing 3 express change of the cylinder internal pressure  $P_c$  accompanying progress of whenever [ crank angle / of gas column #1-#4 ], respectively. # Greet like a compression explosion line one after another in order of a 1 cylinder, # 3 cylinder, # 4-cylinder, and # 2 cylinder. When a certain gas column passes like an explosion line, the following gas column is contained in the compression stroke. # Since a 1 cylinder is a criteria gas column, a gas column distinction signal is outputted at 120 degrees in front of a compression top dead center. Moreover, a BTDC signal is outputted at 60 degrees in front of the compression top dead center of each gas column. Since the counted value of whenever [ crank angle ] is 0 and is a four stroke cycle engine in the compression top dead center of # 1 cylinder, it takes a round of the crankshaft 2 rotation 719, i.e., counted value. # About a 1 cylinder, carry out to 180 degrees, i.e., counted value, in front of a compression top dead center, it is 540 or more and carry out to 180 degrees, i.e., counted value, behind a compression top dead center, and when it is less than 180, store the cylinder internal pressure data of # 1 cylinder. Based on the stored data, MENN processing is calculated in the predetermined time amount of 180 degrees behind a compression top dead center, and injection valve drive processing of an injector 31 is performed based on a next BTDC interrupt signal.

[0040]

[Effect of the Invention] Since the real fuel ignition stage detection approach of the engine by this invention and its equipment are constituted as mentioned above, they do the following effectiveness so. Namely, the real fuel ignition stage detection approach of the engine by this invention and its equipment In the engine with which the fuel injected in the gas column by the injector lights and burns While detecting the pressure in said gas column serially, the volume in said gas column is calculated serially. By injection of said fuel into said gas column, and combustion of said fuel within said gas column The heat rate in said gas column to change was calculated from those rate of change in said pressure in said gas column detected serially, and said volume list in said gas column calculated serially, and the stage when said heat rate just changes from negative is determined as the real fuel ignition stage. Moreover, since fuel injection timing will be amended so that ignition of an

actual fuel may be performed at a target ignition stage if a real fuel ignition stage is called for from the cylinder internal pressure of a gas column according to detection of the real fuel ignition stage of the above-mentioned engine and a real fuel ignition stage is called for even if individual difference is in the injector formed in each gas column with the engine fuel-injection-timing control approach and its equipment, it becomes possible to inject a fuel as target fuel injection timing. Since variation is lost at a real fuel ignition stage, it can contribute to reduction of the amount of NOx contained in exhaust gas, or a smoke. Although engine operational status becomes unstable since the engine speed is low when an engine is in idling operational status especially, according to this invention, while being able to double a real fuel ignition stage at a target fuel ignition stage, consequently stabilizing rotation of an engine by controlling fuel injection timing, the engine noise can be reduced, and improvement in the exhaust gas engine performance can be aimed at.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

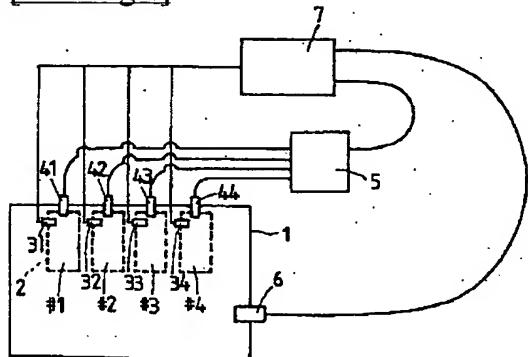
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

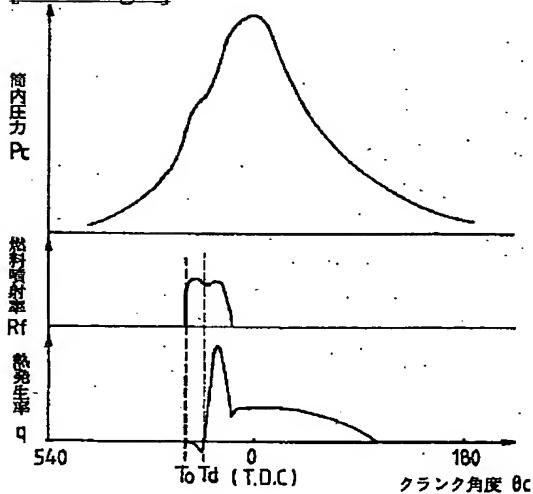
DRAWINGS

---

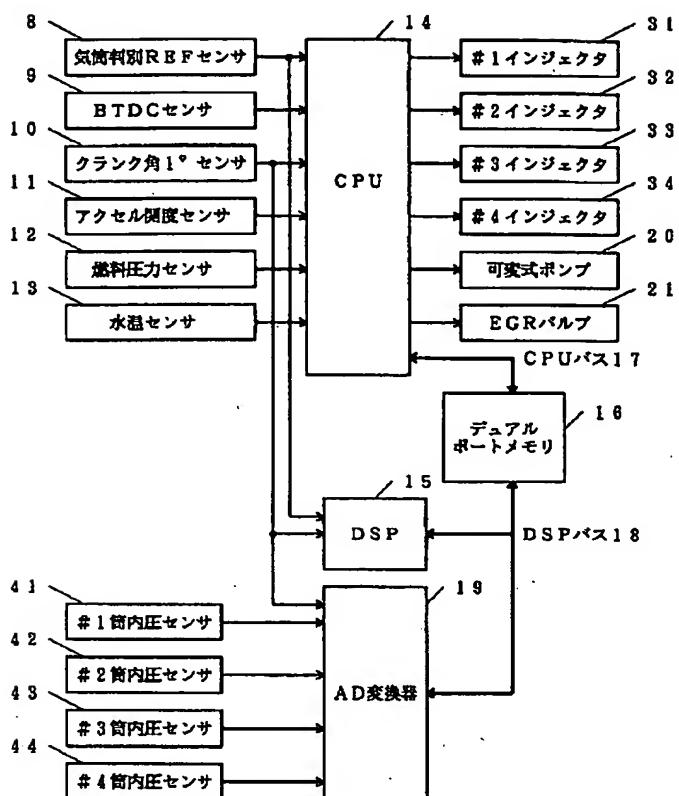
[Drawing 1]



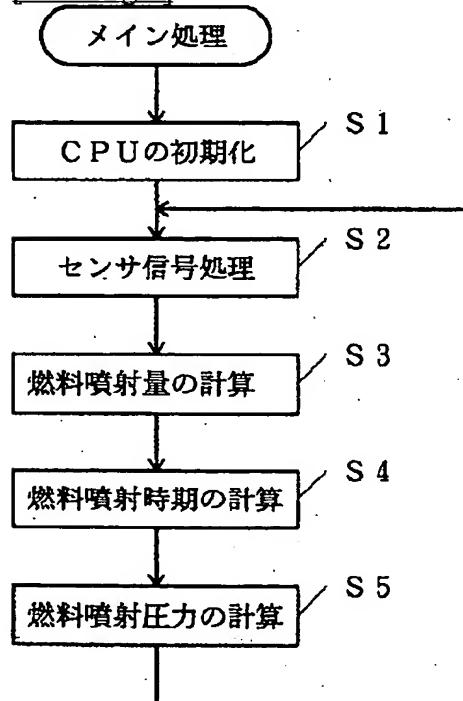
[Drawing 2]



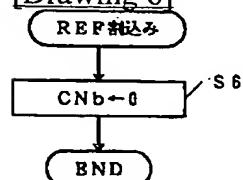
[Drawing 4]



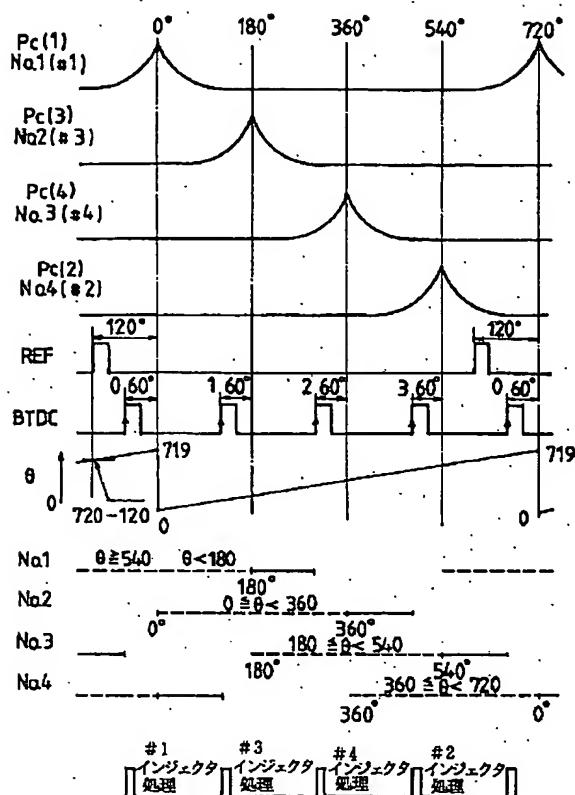
[Drawing 5]



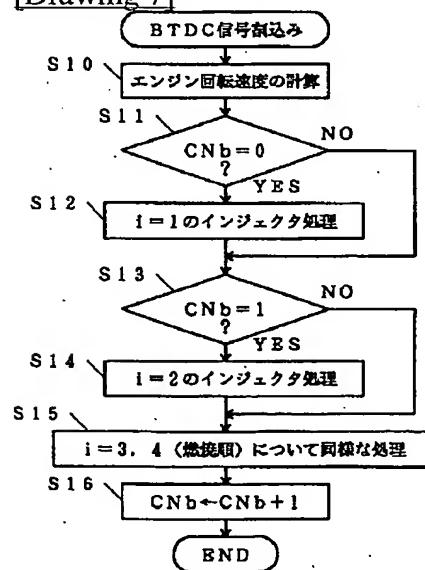
[Drawing 6]



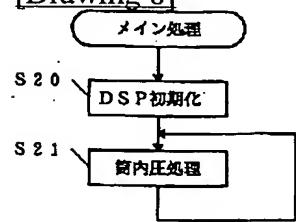
## [Drawing 3]



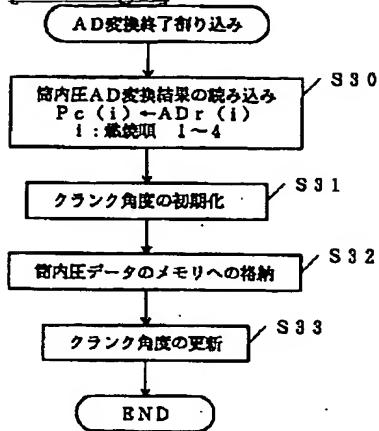
## [Drawing 7]



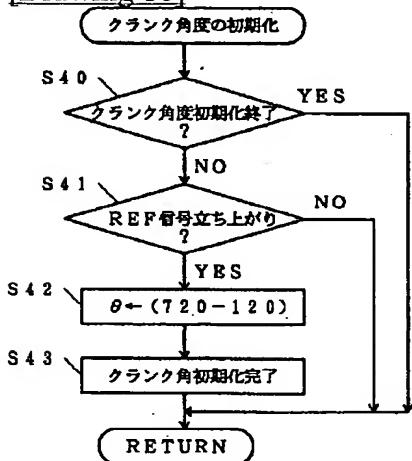
## [Drawing 8]



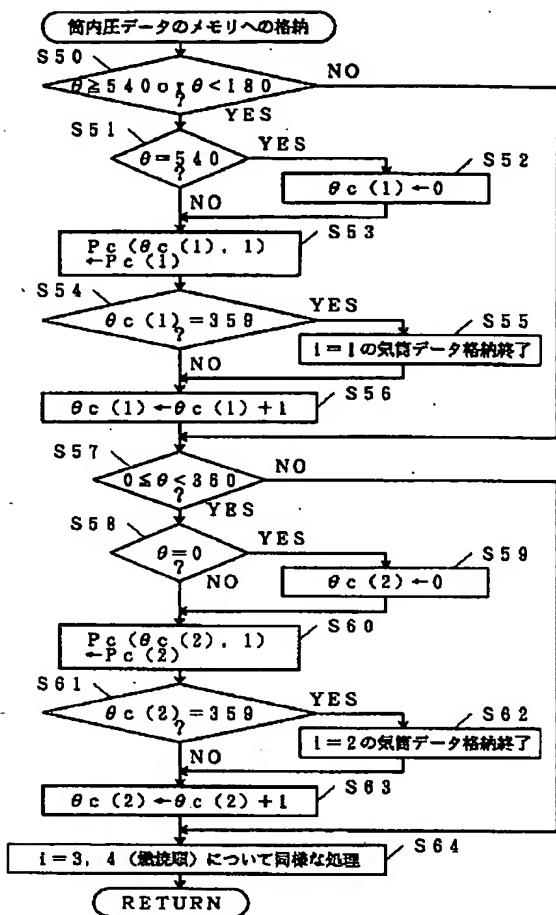
## [Drawing 9]



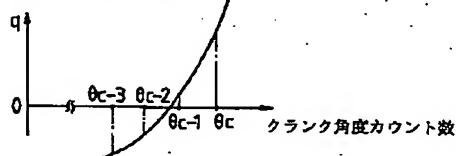
## [Drawing 10]



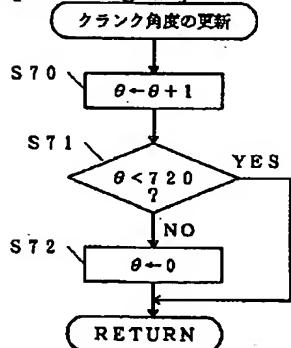
## [Drawing 11]



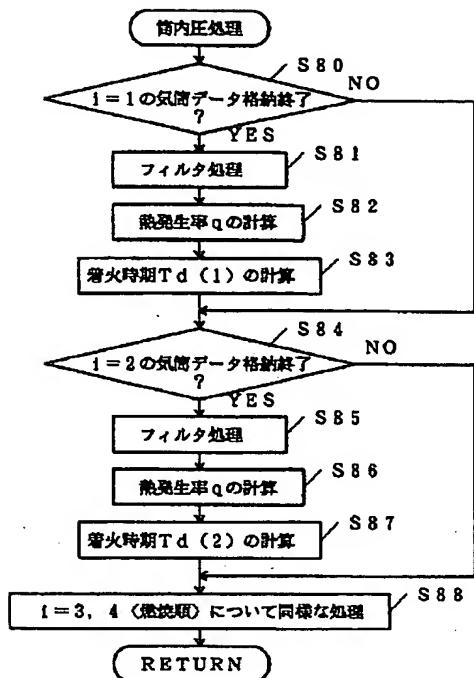
[Drawing 16]



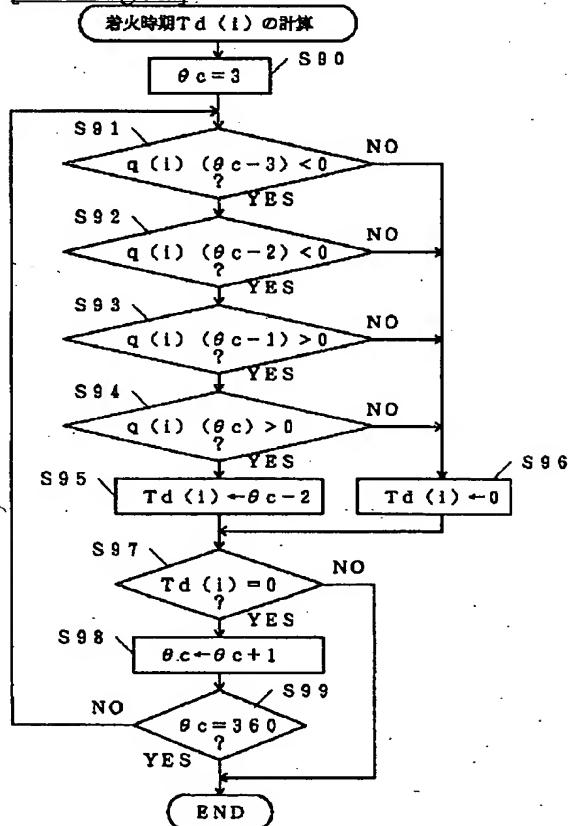
[Drawing 12]



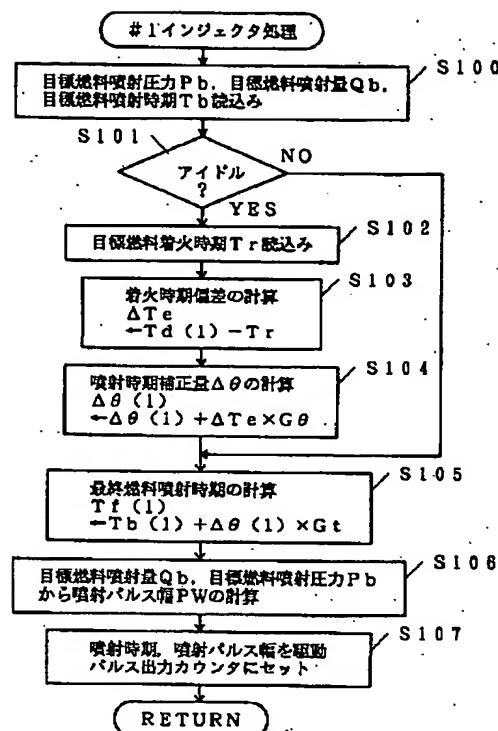
[Drawing 13]



[Drawing 14]



[Drawing 15]



[Translation done.]

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-125141  
 (43)Date of publication of application : 11.05.1999

(51)Int.Cl.

F02D 41/40  
 F02D 41/14  
 F02D 45/00

(21)Application number : 09-306350

(71)Applicant : ISUZU MOTORS LTD

(22)Date of filing : 22.10.1997

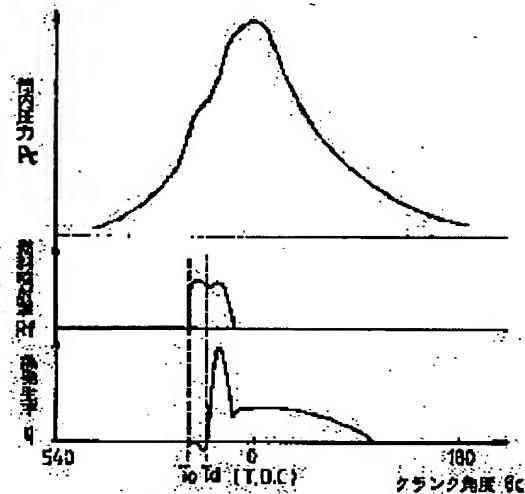
(72)Inventor : SAKAI NOBUTAKA  
 SAITO MASAHI

## (54) METHOD AND DEVICE FOR DETECTING IGNITION TIMING OF REAL FUEL IN ENGINE AND METHOD AND DEVICE FOR CONTROLLING FUEL INJECTION TIMING IN ENGINE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To prevent dispersion in ignition timing of each injector by computing heat generation rate from pressure data in a cylinder, calculating ignition timing from zero cross point of the heat generation rate and controlling a fuel injection timing so that it may agree with the aimed ignition timing.

**SOLUTION:** The data of internal pressure  $P_c$  in a cylinder are stored in a scope of  $360^\circ$  around top dead center in compression stroke of each cylinder (more than 540 and less than 180 in count value). The heat generation rate  $q$  in the cylinder is calculated from the internal pressure  $P_c$  in the cylinder to be detected successively based on the stored data, and volume in the cylinder to be computed successively and their change rates. Then, a zero cross point  $T_d$  of the heat generation rate  $q$  is determined as an ignition timing for real fuel, and the fuel injection timing for injectors is controlled so that the ignition timing based on the following BTDC interruption signal may agree with the aimed ignition timing.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-125141

(43)公開日 平成11年(1999)5月11日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

F 02 D 41/40  
41/14 3 3 0  
45/00 3 6 8

識別記号

F I

F 02 D 41/40  
41/14 3 3 0 B  
45/00 3 6 8 S

E

41/14 3 3 0 B

45/00 3 6 8 S

審査請求 未請求 請求項の数4 FD (全13頁)

(21)出願番号

特願平9-306350

(22)出願日

平成9年(1997)10月22日

(71)出願人 000000170

いすゞ自動車株式会社

東京都品川区南大井6丁目26番1号

(72)発明者 酒井 信貴

神奈川県藤沢市土棚8番地 株式会社い  
すゞ中央研究所内

(72)発明者 西頭 昌明

神奈川県藤沢市土棚8番地 株式会社い  
すゞ中央研究所内

(74)代理人 弁理士 尾仲 一宗 (外1名)

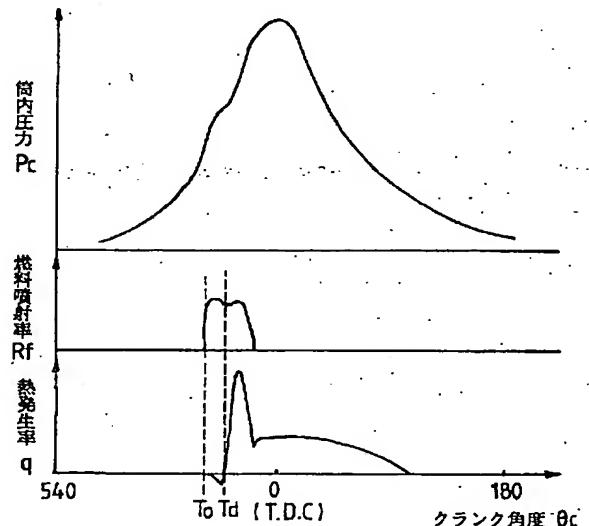
(54)【発明の名称】 エンジンの実燃料着火時期検出方法及びその装置、並びにエンジンの燃料噴射時期制御方法及び  
その装置

(57)【要約】

【課題】 本発明は、気筒内の圧力データから熱発生率を計算し、熱発生率のゼロクロス点から着火時期を演算し、目標着火時期と一致するように燃料噴射時期を制御して、各インジェクタの着火時期のバラツキを防止する。

【解決手段】 各気筒の圧縮上死点前後の360°

(カウント値にして540以上で180未満)の範囲で、気筒の筒内圧力Pcのデータを格納する。格納されたデータに基づいて逐次検出された気筒内の圧力Pc及び逐次計算された気筒内の容積並びにそれらの変化率から気筒内における熱発生率qを演算し、熱発生率qのゼロクロス点Tdを実燃料着火時期と決定して、以後のBTDC割込み信号に基づく着火時期が目標着火時期と一致するようにインジェクタの燃料噴射時期の制御を行う。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 インジェクタによって気筒内に噴射された燃料が着火・燃焼するエンジンにおいて、前記気筒内の圧力を逐次検出すると共に前記気筒内の容積を逐次計算し、前記気筒内への前記燃料の噴射と前記気筒内での前記燃料の燃焼とによって変動する前記気筒内における熱発生率を、逐次検出された前記気筒内の前記圧力及び逐次計算された前記気筒内の前記容積並びにそれらの変化率から計算し、前記熱発生率が負から正に変化する時期を実燃料着火時期と決定することを特徴とするエンジンの実燃料着火時期検出方法。

【請求項2】 インジェクタによって気筒内に噴射された燃料が着火・燃焼するエンジンにおいて、前記エンジンの前記気筒内の圧力を逐次検出する筒内圧力検出手段、前記気筒内の容積を逐次計算する筒内容積計算手段、前記気筒内への前記燃料の噴射と前記気筒内での前記燃料の燃焼とによって変動する前記気筒内における熱発生率を、前記筒内圧力検出手段によって逐次検出された前記気筒内の前記圧力及び前記筒内容積計算手段によって逐次計算された前記気筒内の前記容積並びにそれらの変化率から計算する熱発生率計算手段、及び前記熱発生率が負から正に変化する時期を実燃料着火時期とする実燃料着火時期決定手段から成ることを特徴とするエンジンの実燃料着火時期検出装置。

【請求項3】 インジェクタによって気筒内に噴射された燃料が着火・燃焼するエンジンにおいて、前記エンジンの運転状態に基づいて予め決められている目標燃料噴射時期及び目標燃料着火時期から現在の前記エンジンの運転状態に対する前記目標燃料噴射時期及び前記目標燃料着火時期を求める、前記気筒内の圧力を逐次検出すると共に前記気筒内の容積を逐次計算し、前記気筒内への前記燃料の噴射及び前記気筒内での前記燃料の燃焼によって変動する前記気筒内における熱発生率を、逐次検出された前記気筒内の前記圧力及び逐次計算された前記気筒内の前記容積並びにそれらの変化率から計算し、前記熱発生率が負から正に変化する時期を実燃料着火時期として決定し、前記実燃料着火時期と現在の前記目標燃料着火時期との偏差から求められた燃料噴射時期補正量によって前記目標燃料噴射時期を補正することを特徴とするエンジンの燃料噴射時期制御方法。

【請求項4】 インジェクタによって気筒内に噴射された燃料が着火・燃焼するエンジンにおいて、前記エンジンの前記気筒内の圧力を逐次検出する筒内圧力検出手段、前記気筒内の容積を逐次計算する筒内容積計算手段、前記気筒内への前記燃料の噴射と前記気筒内での前記燃料の燃焼とによって変動する前記気筒内における熱発生率を、前記筒内圧力検出手段によって逐次検出された前記気筒内の前記圧力及び前記筒内容積計算手段によって逐次計算された前記気筒内の前記容積並びにそれらの変化率によって計算する熱発生率計算手段、前記熱発

10

生率が負から正に変化する時期を実燃料着火時期として決定する実燃料着火時期決定手段、前記エンジンの運転状態を検出する運転状態検出手段、前記運転状態に基づいて予め決められている目標燃料噴射時期及び目標燃料着火時期から前記運転状態検出手段によって検出された現在の前記エンジンの運転状態に対する前記目標燃料噴射時期及び前記目標燃料着火時期を算出する目標時期算出手段、並びに前記実燃料着火時期と前記目標燃料着火時期との偏差から求められた燃料噴射時期補正量によって前記目標燃料噴射時期を補正する燃料噴射時期補正手段を備えたことを特徴とするエンジンの燃料噴射時期制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、エンジンの実燃料着火時期検出方法及びその装置、並びにエンジンの燃料噴射時期制御方法及びその装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】インジェクタによって燃焼室内に燃料を噴射すると、着火遅れの間に燃焼室内に形成された可燃混合気が一時に燃焼を開始するので、着火遅れ後に燃焼室圧力が急速に上昇する。燃料が急激に燃焼し、燃焼ガスの温度が高温になるほどNO<sub>x</sub>の発生が多くなるので、NO<sub>x</sub>の発生量を減少させるには、着火遅れ期間を短くして燃焼期間を長く取るか、或いは着火遅れ期間内に形成される混合気量を減少させることが考えられる。しかし、これらの対策では、1回の燃料噴射量が一定とした場合、燃焼初期に大量の混合気が燃焼すると後燃焼で燃焼する混合気の量が少なくなってスモークの発生量は減少するが、燃焼ガス温度が高くなつてNO<sub>x</sub>の発生量が増加する。一方、燃焼初期に燃焼する混合気が少なくなると、燃焼ガス温度が比較的抑えられるのでNO<sub>x</sub>の発生量が減少するが、後燃焼で燃焼する混合気の量が多くなつてスモークの発生量が増加する。そこで、この両状態を勘案して、適当な目標着火時期を決定し、この目標着火時期に実際の着火が行われるように、予め燃焼噴射時期を設定及びマップ化をして燃焼噴射制御装置に記憶させておき、運転時には、このマップに基づいて燃焼噴射時期を決定し、その決定された時期に従つてインジェクタからの燃料の噴射を行つてゐる。

【0003】ディーゼルエンジンの燃料噴射時期制御方法或いはその装置として、筒内圧力の変化率を算出又は検出し、エンジンの燃焼噴射時期を制御するものとして、特開昭59-37235号公報、又は特開昭59-145334号公報に開示されたものがある。特開昭59-37235号公報に開示されたディーゼルエンジンの燃料噴射時期制御方法は、ディーゼルエンジンの各気筒毎に取り付けた燃焼圧センサによって燃焼圧を検出し、各気筒毎の単位時間当たりの燃焼圧の変化量を求める、いざれかの気筒の燃焼圧の変化量がディーゼルエン

ジンの運転状態に応じて予め定められた値を超えたときに、当該気筒の燃料噴射時期を遅角補正したものである。このような燃料噴射時期の遅角補正をすることにより、クランク角度の経過に伴う燃焼圧の変化曲線が各気筒毎にそのピーク値を下げると共に緩やかに変化するものとなり、エンジンの騒音レベルを低下させることができになる。

【0004】前掲の特開昭59-145334号公報に開示されたディーゼルエンジンの燃料噴射時期制御装置は、燃焼時の圧力ピークの発生時期及びそのピーク値が、燃焼を伴わないので単にピストンが往復するときの圧縮圧力ピークと比較すると着火時期に応じて変化していることに着目し、圧電素子で燃焼時の圧力の時間当たりの変化を検出し、燃焼時の圧力ピークが発生すればその後に圧力が低下することに対応して圧力変化が正から負へ変化するゼロクロスの時期を検出し、ゼロクロスの時期と圧縮圧力ピークの時期とを比較して、両時期の間隔が所定の時間内を外れると、所定の時期内に納まるよう、燃料噴射時期を進めるか又は遅らせる制御を行うものである。

【0005】ところで、多気筒エンジンにおいて、筒内圧力を検出して燃料噴射時期を制御しようとするものにおいては、エンジンの運転状態に基づいて目標噴射時期が予め決められており、現在のエンジンの運転状態に対応して目標噴射時期を求める、実際の燃料噴射時期がその目標噴射時期になるようにインジェクタへの駆動時期を制御している。しかしながら、各気筒に設けられるインジェクタの個体差によって、求められた目標噴射時期通りに燃料を噴射することは困難であり、着火遅れの後に実際に燃料が着火する実燃料着火時期は目標着火時期に対してバラツキを生じている。この実燃料着火時期のバラツキは、排気ガス中に含まれるNO<sub>x</sub>又はスマーカーの量の増大を招く。特に、エンジンがアイドリング運転状態にあるときには、エンジン回転数が低いためにエンジンの運転状態が不安定であり、燃料噴射時期のバラツキは実燃料着火時期のバラツキに大きく影響し、その結果、排気ガス性能にも大きな影響を及ぼしている。

#### 【0006】

【発明が解決しようとする課題】そこで、エンジンの気筒の筒内圧力は、燃料の噴射がない圧縮と膨張を繰り返すときの筒内圧力と比較して、燃料の噴射とその後の燃焼によって筒内圧力に変化をもたらすことから、気筒の筒内圧力と実燃料着火時期との間には関係があるとの見地に立ち、気筒の筒内圧力から実燃料着火時期を求ることを課題としている。また、実燃料着火時期が求められると、実際の燃料の着火が目標着火時期に行われるよう、燃料噴射時期を補正することを課題としている。

#### 【0007】

【課題を解決するための手段】この発明の目的は、上記問題を解決することであって、エンジンの筒内容積と筒

内圧力から、その気筒における熱発生率を計算で求め、その熱発生率から実燃料着火時期を検出する方法及び装置、並びにエンジンの運転状態から求めた目標燃料着火時期が実燃料着火時期に一致するように燃料噴射時期を補正するエンジンのエンジンの燃料噴射時期制御方法及びその装置を提供することである。

【0008】この発明は、インジェクタによって気筒内に噴射された燃料が着火・燃焼するエンジンにおいて、前記気筒内の圧力を逐次検出すると共に前記気筒内の容積を逐次計算し、前記気筒内への前記燃料の噴射と前記気筒内での前記燃料の燃焼とによって変動する前記気筒内における熱発生率を、逐次検出された前記気筒内の前記圧力及び逐次計算された前記気筒内の前記容積並びにそれらの変化率から計算し、前記熱発生率が負から正に変化する時期を実燃料着火時期と決定することを特徴とするエンジンの実燃料着火時期検出方法に関する。

【0009】また、この発明は、インジェクタによって気筒内に噴射された燃料が着火・燃焼するエンジンにおいて、前記エンジンの前記気筒内の圧力を逐次検出する筒内圧力検出手段、前記気筒内の容積を逐次計算する筒内容積計算手段、前記気筒内への前記燃料の噴射と前記気筒内での前記燃料の燃焼とによって変動する前記気筒内における熱発生率を、前記筒内圧力検出手段によって逐次検出された前記気筒内の前記圧力及び前記筒内容積計算手段によって逐次計算された前記気筒内の前記容積並びにそれらの変化率から計算する熱発生率計算手段、及び前記熱発生率が負から正に変化する時期を実燃料着火時期とする実燃料着火時期決定手段から成ることを特徴とするエンジンの実燃料着火時期検出装置に関する。

【0010】また、この発明は、インジェクタによって気筒内に噴射された燃料が着火・燃焼するエンジンにおいて、前記エンジンの運転状態に基づいて予め決められている目標燃料噴射時期及び目標燃料着火時期から現在の前記エンジンの運転状態に対する前記目標燃料噴射時期及び前記目標燃料着火時期を求める、前記気筒内の圧力を逐次検出すると共に前記気筒内の容積を逐次計算し、前記気筒内への前記燃料の噴射及び前記気筒内での前記燃料の燃焼によって変動する前記気筒内における熱発生率を、逐次検出された前記気筒内の前記圧力及び逐次計算された前記気筒内の前記容積並びにそれらの変化率から計算し、前記熱発生率が負から正に変化する時期を実燃料着火時期として決定し、前記実燃料着火時期と現在の前記目標燃料着火時期との偏差から求められた燃料噴射時期補正量によって前記目標燃料噴射時期を補正することを特徴とするエンジンの燃料噴射時期制御方法に関する。

【0011】更に、この発明は、インジェクタによって気筒内に噴射された燃料が着火・燃焼するエンジンにおいて、前記エンジンの前記気筒内の圧力を逐次検出する筒内圧力検出手段、前記気筒内の容積を逐次計算する筒

内容積計算手段、前記気筒内への前記燃料の噴射と前記気筒内での前記燃料の燃焼とによって変動する前記気筒内における熱発生率を、前記筒内圧力検出手段によって逐次検出された前記気筒内の前記圧力及び前記筒内容積計算手段によって逐次計算された前記気筒内の前記容積並びにそれらの変化率によって計算する熱発生率計算手段、前記熱発生率が負から正に変化する時期を実燃料着火時期として決定する実燃料着火時期決定手段、前記エンジンの運転状態を検出する運転状態検出手段、前記運転状態に基づいて予め決められている目標燃料噴射時期及び目標燃料着火時期から前記運転状態検出手段によって検出された現在の前記エンジンの運転状態に対する前記目標燃料噴射時期及び前記目標燃料着火時期を算出する目標時期算出手段、並びに前記実燃料着火時期と前記目標燃料着火時期との偏差から求められた燃料噴射時期補正量によって前記目標燃料噴射時期を補正する燃焼噴射時期補正手段を備えたことを特徴とするエンジンの燃料噴射時期制御装置に関する。

【0012】この発明によるエンジンの実燃料着火時期検出方法及びその装置では、筒内圧力は筒内圧力検出手段によって逐次検出することができ、筒内容積は筒内容積計算手段によって逐次計算することができる。これらの検出され且つ計算された筒内圧力及び筒内容積、並びにそれらの変化率によって、気筒内への燃料の噴射と気筒内での燃料の燃焼とによって変動する気筒内における熱発生率を、計算によって求めることができる。熱発生率が負から正に変化する時期を実燃料着火時期とみなすことができる。

【0013】この発明によるエンジンの燃料噴射時期制御方法及びその装置では、上記のエンジンの実燃料着火時期検出方法及びその装置で求めた実燃料着火時期と、エンジンの運転状態から予め決められている目標燃料着火時期とを比較して両者の偏差を求める、その偏差から燃料噴射時期補正量を求める、燃料噴射時期補正量によって目標燃料噴射時期を補正して最終燃料噴射時期を定めている。こうすることによって、実燃料着火時期が目標燃料着火時期と一致するように、燃料噴射時期が補正され、エンジンの排気ガス性能の悪化が防止される。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、この発明によるエンジンの燃料噴射時期制御装置の一実施例について説明する。図1はこの発明による燃料噴射時期制御装置が適用されるエンジンの一例を示す模式図、図2はエンジンにおいてクランク角度の経過に応じた筒内圧力、燃料噴射率、及び熱発生率の変化の様子を示したグラフ、図3は、図1に示したエンジンの燃料噴射時期制御装置において、クランク角度の経過に伴う筒内圧力の変化及び各種信号の発生状況の概要を示すグラフである。

【0015】この発明による燃料噴射時期制御装置が適

用されるエンジンの一例の概要が、図1に示されている。この例では、エンジン1は4気筒エンジンである。4つの気筒#1～#4には、それぞれ、シリンダ2内に形成される燃焼室(図示せず)に燃焼を噴射するインジェクタ31, 32, 33, 34(総称する時には3を用いる)と、燃焼室の圧力(筒内圧力)を検出する圧力検出手段としての圧力センサ41, 42, 43, 44(総称する時には4を用いる)とが設けられている。圧力センサ4が検出した各気筒#1～#4の筒内圧力を表す信号は、圧力信号処理装置5を介してエンジンのコントローラ7(この発明における燃料噴射時期制御も司る)に送られる。また、エンジンの回転センサ6がエンジン1に取り付けられており、回転センサ6が検出したエンジン1の回転に関する信号も、エンジンのコントローラ7に入力される。

【0016】図2は、各気筒において、クランク角度に対する、筒内圧力Pc、及び燃料噴射率Rfの変化の様子を示したグラフである。燃料噴射が行われない場合の筒内圧力Pcの変化は、クランク角度θcの変化に伴って、筒内圧力Pcのピークに対して対称的な変化をするが、時刻T0に燃料噴射が行われて且つ噴射された燃料が着火すると、筒内圧力Pcの上昇が若干緩やかになり、その後の着火によって大きく増加する。燃料着火時期としてこの急上昇する筒内圧力Pcからクランク角度を正確に判断するのは困難である。なお、燃料噴射率Rfは、初期噴射とメインの噴射との二つのピークを持つように噴射制御されている。

【0017】図3の上段の4つのグラフは、それぞれ気筒#1～#4のクランク角度の経過に伴う筒内圧力Pcの変化を表している。エンジン1は4気筒であるので、気筒番号nを列の並びに従って#1～#4とすると、燃焼順序iは、表1に示すように、#1→#3→#4→#2の順となる。

【表1】

燃焼順序i	気筒番号n
1.	#1
2	#3
3	#4
4	#2

各気筒#1～#4は、上記の順に次々と圧縮・爆発行程を迎えて燃焼が行われ、ある気筒が爆発行程を経過するときに、次の気筒は圧縮行程に入っている。#1の気筒は基準気筒であるので、圧縮上死点前120°で気筒判別(R.E.F)信号が outputされる。また、各気筒の圧縮上死点前60°でBTDC信号が outputされる。エンジンが4サイクルエンジンであるので、クランク角度のカウント値θは、#1気筒の圧縮上死点で0であり、クランク軸の2回転、即ち、カウント値719で一巡する。#1

気筒については、圧縮上死点前180°から圧縮上死点後180°まで、即ち、カウント値にして540以上で180未満であるときに#1気筒が圧縮・爆発行程を迎えるので、この期間に大きく変化する筒内圧力Pcのデータが格納される。格納されたデータに基づいて圧縮上死点後180°からの所定の時間内にメンブ処理が演算され、次回のBTDC割込み信号に基づいてインジェクタ31の噴射弁駆動処理が行われる。

【0018】このエンジンのコントローラ7を中心とする各種のセンサとインジェクタ3との関係が図4に示されている。図4は、エンジンの燃料噴射時期制御装置の概要を示すブロック図であり、エンジンの回転に関する各種センサ及び筒内圧センサからの検出信号を受けて、各インジェクタ3への制御信号を出力している。エンジン1の回転センサ6は、気筒#1～#4のうち基準となる気筒、例えば#1の上死点前120°の位置を判別する気筒判別(REF)センサ8と、各気筒#1～#4の爆発行程の上死点前60°を検出するBTDC(bef ore top dead center)センサ9と、クランク角度を1°毎に検出するクランク角度センサ10とから成る。気筒判別センサ8とBTDCセンサ9とは、エンジン1は4サイクルエンジンであるので、クランク軸が2回転する間に、それぞれ、4つのBTDC信号と1つのREF信号とを発するように、燃料ポンプの駆動軸又は吸排気弁駆動用のカム軸に関連して配置されている。また、各筒内圧力Pcを検出する圧力センサ4は、各気筒の燃焼室に臨んで取り付けられており、筒内圧力Pcを大気圧との相対圧力(ゲージ圧力)として検出する。

【0019】コントローラ7においては、上記のエンジン1の回転に関する各センサ8～10に加えて、エンジン1の運転状態を表すものとして、アクセル開度センサ11、コモンレール等の圧力を検出する燃料圧力センサ12、及びエンジン1の冷却を行う冷却水の温度を検出する水温センサ13からの検出信号が中央処理装置(CPU)14に入力される。これら各種のセンサが検出して出力した検出信号は、CPU14へ入力されるのと平行に、DSP(digital signal processor)15にも入力される。DSP15は、入力された信号を高速で加減算することができる。

【0020】CPU14とDSP15との間のデータのやり取りは、CPU14とDSP15とのどちら側からも読み書きが可能な共通RAMであるデュアルポートメモリ16を介して行われる。CPU14とデュアルポートメモリ16との間はCPUバス17を通じて接続されており、DSP15とデュアルポートメモリ16との間はDSPバス18を通じて接続されている。筒内圧力Pcを検出する筒内圧センサ4は、気筒#1～#4にそれぞれ対応して設けられている筒内圧センサ41～44である。筒内圧センサ41～44が検出した筒内圧力のア

ナログ信号は、AD変換器19に入力されてデジタル信号に変換され、DSPバス18を通じてDSP15に送られる。

【0021】CPU14は、各センサ8～13から直接に入力されるエンジン1の運転状態を表す情報と、筒内圧センサ41～44からの筒内圧力に関するDSP15で処理された結果等に基づいて演算を行い、各気筒#1～#4にそれぞれ対応して設けられているインジェクタ31～34の燃料噴射時期や燃料噴射量等の燃料噴射に関する制御を行う。DSP15は、筒内圧力Pcに関するデジタル信号の加減算の処理を高速で行う。デジタル処理であるので、筒内圧力Pcの微分や積分も同様に高速で演算することができる。また、CPU15は、コモンレールの圧力を制御するため可変式の燃料ポンプ20の吐出量を制御し、排気ガス循環量を制御するためEGRバルブ21を制御する。

【0022】CPU14による燃料噴射時期制御においては、アクセル開度センサ11及びエンジン1の回転に関するセンサ8～10からの信号に基づいて予め定められたマップによって、目標燃料噴射時期が求められる。この発明によれば、筒内圧センサ41～44が検出した筒内圧力Pcから求められた実燃料着火時期が目標燃料着火時期に一致するように、着火遅れを考慮して各インジェクタ31～34の燃料噴射時期を補正する。以下、かかる燃料噴射時期の補正について説明する。

【0023】CPU14の処理は、図5に示すようなメイン処理を行っている。図5は、図4に示したエンジンの燃料噴射制御においてCPUのメイン処理を示すフローチャートである。このメイン処理は、以下の各ステップから成る。

(1) CPU14の初期化が行われる(ステップ1、S1と略す。以下同じ)。

(2) センサ信号の処理を行う(S2)。図4に示したようにCPU14に入力される各種のセンサからの検出信号の処理を行う。

(3) S2で行われた信号処理で得られた情報に基づいて、各インジェクタ3が噴射すべき燃料量、即ち、燃料噴射量の計算を行う(S3)。燃料噴射量の計算は、アクセル開度とエンジン回転数によって予め決められている噴射量特性マップにおいて、現在のアクセル開度とエンジン回転数に対応する目標燃料噴射量Qbを求ることによって行われる(必要な噴射量の補正量とで最終燃料噴射量を求めることがある)。

(4) また、S2で行われた信号処理で得られた情報に基づいて、各インジェクタ3が燃料を噴射すべき時期、即ち、燃料噴射時期を計算する(S4)。噴射量とエンジン回転速度とによって予め決められている噴射時期特性マップにおいてS3で求めた噴射量と現在のエンジン回転数とに対応した目標燃料噴射時期が求められる。燃料噴射時期の計算では、この目標燃料噴射時期に基づい

て最終燃料噴射時期  $T_f$  が求められるが、その計算の詳細については、後述する。

(5) 更に、S 2 で行われた信号処理で得られた情報に基づいて、且つ S 3 で求められた燃料噴射量を、S 4 で求められた燃料噴射時期に噴射できるように、燃料を噴射する圧力、即ち、燃料噴射圧力を計算する (S 5)。燃料噴射圧力の制御は、噴射量とエンジン回転数から目標噴射圧力を求ることにより行われ、更に具体的には、燃料ポンプの流量制御弁を制御してコモンレール圧力を制御することにより行われる。燃料噴射制御は、上記のとおり噴射量制御、噴射時期制御及び噴射圧力制御から成り、コントローラ 7 は、上記の各噴射条件で各インジェクタ 3 から燃料が噴射されるように各インジェクタ 3 及びコモンレール圧力の制御を行う。S 1 で CPU 1 4 が初期化された後は、S 2 ～ S 5 を燃料噴射を実行すべきインジェクタ 3 に対してそれぞれ順に実行し、且つ各噴射毎に上記の S 2 ～ S 5 を繰り返す。

【0024】燃料ポンプ 2 0 のポンプ軸又は吸排気弁駆動用カム軸に固定した回転板には、基準気筒 # 1 の圧縮上死点前  $120^\circ$  に対応した角度位置に 1 つの基準マーク (欠歯でよい) が形成されており、気筒判別センサ 8 がこの基準マークを検出することにより、ポンプ軸 1 回転当たり 1 回の R E F 信号を出力する。気筒判別センサ 8 が、R E F 信号を出力すると、図 6 に示すような R E F 割込みが行われる。図 6 は、図 5 に示すメイン処理において気筒判別信号が入力されたときの割込み処理を示すフローチャートである。この割込み処理では、圧縮上死点前信号のカウント値 C N b を 0 にするリセット処理が行われる。即ち、エンジン 1 は 4 気筒であるので、圧縮上死点前信号のカウント値 C N b は 0 から 3 までの 4 つの整数値を取り得る。カウント値 C N b が 0 のときから各気筒での燃料の噴射と着火とが一巡すると、カウント値 C N b が 1 増分されて 4 となる前に回転センサ 6 は基準マークを検出するので、カウント値 C N b は 0 にリセットされる (S 6)。

【0025】燃料ポンプ 2 0 のポンプ軸に固定した回転板には、各気筒 4 の圧縮上死点前  $60^\circ$  に対応した角度位置に 4 つの上死点前マーク (欠歯でよい) が  $90^\circ$  每に形成されており、B T D C センサ 9 が上死点前マークを検出することにより、ポンプ軸 1 回転当たり 4 回の B T D C 信号を出力する (図 3 の中段に示すグラフを参照)。B T D C 信号が C P U に入力されると、図 7 に示し且つ以下に説明するような、C P U の処理における B T D C 信号割込み処理が行われる。図 7 は、図 5 に示すメイン処理において B T D C 信号が入力されたときの割込み処理を示すフローチャートである。

(1) エンジン 1 の回転速度が計算される (S 1 0)。即ち、前回の B T D C 信号を検出してから今回の B T D C 信号を検出するまでに要した時間に基づいて、単位時間当たりのエンジン 1 の回転数を算出する。

(2) B T D C 信号のカウント値 C N b が 0 であるか否かを判定する (S 1 1)。カウント値 C N b が 0 であれば、燃焼順序  $i = 1$  の気筒 (# 1) に設けられたインジェクタ 3 1 の燃料噴射処理 (S 2 ～ S 5 とその後の燃料噴射の実行) を行う (S 1 2)。このインジェクタの処理のタイミングについては、図 3 の最下段のグラフに示されている。

(3) S 1 1 での判定においてカウント値 C N b が 0 でなければ、直ちに S 1 3 に移行し、カウント値 C N b が 1 であるか否かを判定する (S 1 3)。

(4) カウント値 C N b が 1 であれば、 $i = 2$  の気筒 (# 3) に設けられたインジェクタ 3 3 の燃料噴射処理 (S 2 ～ S 5 とその後の燃料噴射の実行) を行う (S 1 4)。

(5) S 1 3 での判定においてカウント値 C N b が 1 でなければ、直ちに S 1 5 に移行し、以下上記と同様な判定処理と判定処理において Y E S である場合のインジェクタの燃料噴射処理とが行われる (S 1 5)。

(6) S 1 2, S 1 4, 或いは, S 1 5 で, # 1 ～ # 4 の何れかのインジェクタ 3 の燃料噴射処理を行うと、対応していたカウント値 C N b の判定以外の判定では必ず N O となるので、S 1 6 でカウント値 C N b に 1 を増加したものを新たなカウント値 C N b にして (S 1 6)、この割込み処理を終了する。次回のこの割込み処理においても、次のカウント値 C N b に対する判定は、S 1 1, S 1 3 又は S 1 5 での同様の判定のいずれかで Y E S となる。カウント値 C N b を順次増加してカウント値 C N b が 3 になると、カウント値 C N b が 4 になる前に基準マークが検出されて、S 6 によってカウント値 C N b は 0 にリセットされる。

【0026】次に、D S P 1 5 のメイン処理について、図 8 に基づいて説明する。図 8 は、図 4 に示したエンジンの燃料噴射制御における D S P のメイン処理を示すフローチャートである。

(1) D S P の初期化を行う (S 2 0)。

(2) 初期化が終了すれば、筒内圧処理を行う (S 2 1)。筒内圧処理は、検出された気筒 # 1 ～ # 4 の筒内圧力データの処理であり、該当する気筒 # 1 ～ # 4 についてクランク角度  $1^\circ$  每に筒内圧力データ処理を繰り返して行う。

【0027】D S P において、S 2 1 に示した筒内処理を行うに際しての前提として、図 9 に示す A D 変換終了割込み処理、並びにその A D 変換終了割込み処理に含まれるクランク各の初期化、筒内圧力データのメモリへの格納及びクランク角度の更新の処理が行われる。図 9 は、図 8 に示す D S P のメイン処理における A D 変換終了時の割込み処理を示すフローチャートである。クランク角度  $1^\circ$  每に各気筒の筒内圧力を A D 変換器 1 9 でアナログからデジタルに変換しているが、A D 変換終了割込み処理は、この A D 変換器 1 9 による変換が終了する

毎に行われる。

(1) 筒内圧力のAD変換結果AD<sub>r</sub>(i)を読み込む(S30)。各筒内圧力のAD変換結果AD<sub>r</sub>(i)は、燃焼順序i(i=1~4)にP<sub>c</sub>(i)として読み込まれる。

(2) 次に、クランク角度の初期化が行われる(S31)。

(3) 筒内圧力データが、メモリに格納される(S32)。

(4) クランク角度の更新が行われる(S33)。

S31~S33については、それぞれ、以下に詳細に説明する。

【0028】S31におけるクランク角度の初期化について、図10に示すフローチャートに基づいて説明する。図10は、図9に示すAD変換終了時の割込み処理におけるクランク角度の初期化の処理を示すフローチャートである。エンジンは4気筒エンジンであり、クランク軸の2回転で各気筒の燃料の噴射・着火が一巡するので、クランク角度の一巡周期はカウント回数で720である。クランク角度のカウント値θは、1°で1をカウントする。クランク角度のカウント値θは、燃焼順序i=1の気筒(#1)が上死点の位置を取るときを0とし、4気筒の燃料の噴射・着火が一巡するまで、719までのカウント値を取る。

(1) クランク角度の初期化が既に完了しているか否かを判定する(S40)。既に、クランク角度の初期化が完了していれば、直ちにAD変換終了割込みのルーチンに戻る。クランク角度の初期化が完了していないければ、ステップはS41に移行する。

(2) 特定の気筒、即ち、i=1の気筒(#1)の上死点前120°に出力されるREF信号が立ち上がっていいるか否かを判定する(S41)。REF信号が立ち上がっていなければ、直ちにAD変換終了割込みのルーチンにリターンする。

(3) S41においてREF信号の立ち上がっていれば、クランク角度のカウント数θを720マイナス120(即ち、600)に設定する(S42)。120は、気筒判別センサの取り付け角度に相当している。

(4) S42における設定が終了すると、クランク角度の初期化が終了する(S43)。

【0029】次に、S32における筒内圧力データのメモリへの格納処理について、図11に示すフローチャートに基づいて説明する。図11は、図9に示すAD変換終了時の割込み処理における筒内圧データのメモリへの格納処理を示すフローチャートである。

(1) 初期化されたクランク角度のカウント数θが540以上且つ720(=0)以下であるか又は0(=720)以上180未満であるか否かを判定する(S50)。クランク角度のカウント数θがこの範囲内に入なければ、S57に移行する。S50で定めるカウ

ント数θの範囲は、i=1の気筒(#1)のクランク角度が圧縮上死点の前後180°以内に対応した範囲であり、圧縮行程から爆発行程までの範囲である。この間の筒内圧力が着火時期制御に重要であり、データとして採用される。

(2) クランク角度のカウント数θが540であるか否かが判定される(S51)。このカウント数θが540であれば、上記のカウント数θの範囲の始点であるので、i=1の気筒についてのクランク角度のカウント数

10 として定義される気筒別クランク角度カウント数θ<sub>c</sub>

(1) をクリアして0とする(S52)。括弧内の1は、i=1の気筒についてのクランク角度カウント数であることを示す。したがって、θ<sub>c</sub>(1)は、0から359までの値を取る。

(3) i=1の気筒についての筒内圧力P<sub>c</sub>(1)を、気筒別クランク角度カウント数θ<sub>c</sub>(1)のときの筒内圧力P<sub>c</sub>(θ<sub>c</sub>(1), 1)とする(S53)。

(4) i=1の気筒についての、気筒別クランク角度カウント数θ<sub>c</sub>(1)が359であるか否かを判定する

20 20 として定義される気筒についてのデータ採集クランク角度範囲の終点であるか否かを判定する。

(5) θ<sub>c</sub>(1)が359であるとすると、既に、θ<sub>c</sub>(1)は、0から359まで実行した後であるので、i=1の気筒についての筒内圧力データの格納が終了していることになる(S55)。

(6) θ<sub>c</sub>(1)が359でないとすると、θ<sub>c</sub>(1)は、まだ終点まで到達していないので、クランク角度を1°進めることに対応して、θ<sub>c</sub>(1)のカウント数を1だけ増加したものを新たなθ<sub>c</sub>(1)とする(S56)。

【0030】(7) 次に、クランク角度のカウント数θが0以上360未満であるか否かを判定する(S57)。クランク角度のカウント数θがこの範囲内に入っているなければ、S64に移行する。S57で定めるカウント数θの範囲は、燃焼順序i=2の気筒(#3)のクランク角度が圧縮上死点の前後180°以内の対応した範囲であり、その圧縮行程から爆発行程までの範囲である。この間の筒内圧力が着火時期制御に必要であり、データとして採用される。したがって、クランク角度のカウント数θが0以上180未満であるときには、i=1の気筒(#1)とi=2の気筒(#3)についての筒内圧力データの格納が行われる。

(8) クランク角度のカウント数θが0であるか否かが判定される(S58)。このカウント数θが0であれば、上記のカウント数θの範囲の始点であるので、i=2の気筒(#3)についてのクランク角度のカウント数として定義される気筒別クランク角度カウント数θ<sub>c</sub>

(2) をクリアして0とする(S59)。したがって、i=2の気筒についてのθ<sub>c</sub>(2)も、0から359までの値を取る。

(9) 気筒別クランク角度カウント数  $\theta_c$  (2) のときの  $i = 2$  の気筒についての筒内圧力  $P_c$  (2) を、筒内圧力  $P_c$  ( $\theta_c$  (2), 2) とする (S 6 0)。

(10)  $i = 2$  の気筒についての、気筒別クランク角度カウント数  $\theta_c$  (2) が 359 であるか否かを判定する (S 6 1)。

(11)  $\theta_c$  (2) が 359 であるとすると、既に、 $\theta_c$  (2) は、0 から 359 まで実行した後であるので、 $i = 2$  の気筒についての筒内圧力データの格納が終了する (S 6 2)。

(12)  $\theta_c$  (2) が 359 でないとすると、 $\theta_c$

(2) は、まだ終点まで到達していないので、クランク角度を  $1^\circ$  進めることに対応して、 $\theta_c$  (2) のカウント数を 1 だけ増加したものを新たな  $\theta_c$  (2) とする (S 6 3)。

(13) 以後、 $i = 3$  及び 4 の気筒 (# 4 及び # 2) のについても、同様の処理をして、筒内圧力データをメモリに格納する (S 6 4)。

【0031】次に、クランク角度の更新処理について、図 12 に示すフローチャートを参照して説明する。図 12 は、図 9 に示す AD 変換終了時の割込み処理におけるクランク角度の更新処理を示すフローチャートである。 $\theta_c$  の 1 の増分毎に、クランク角度の更新 S 3 3 が実行される。

(1) クランク角度のカウント数  $\theta$  を 1 増加して更新する (S 7 0)。

(2) カウント数  $\theta$  が 720 未満であるか否かを判定する (S 7 1)。

(3) カウント数  $\theta$  が 720 未満であるか否かを判定する (S 7 2)。

ここで、 $V_c$  は隙間容積 [ $m^3$ ]、 $S$  はピストンストローク [ $m$ ]、 $L$  はコンロッド長さ [ $m$ ]、 $\theta_c$  はクランク角度 [ $deg$ ] である。この筒内容積  $V \theta$  と、そのクランク角度  $\theta_c$  による微分値は、予め計算で求められるので、メモリに格納しておく。また、筒内圧力  $P_c$  とそのクランク角度  $\theta_c$  による微分値は、センサで検出し、DSP で処理することにより得られる。熱発生率  $q = dQ/d\theta$  は、次の式で求められる。

【数 2】

$$q = \frac{dQ}{d\theta} = \frac{1}{\kappa-1} \left( V_c \cdot \frac{dP_c}{d\theta} + \kappa \cdot P_c \cdot \frac{dV_c}{d\theta} \right)$$

ここで、比熱比  $\kappa$  は、一定であるとして、上の式をリアルタイムで計算する。

(4) 燃料着火時期  $T_d$  (1) の計算を行う (S 8 3)。この計算の詳細については、後述する。

【0034】(5) 燃焼順序  $i = 1$  の気筒 (# 1) の筒内圧力データ格納が終了していないければ、 $i = 2$  の気筒 (# 3) の筒内圧力データ格納が終了しているか否かを判定する (S 8 4)。S 8 4 以降のフィルタ処理 (S 8

\*る (S 7 1)。カウント数  $\theta$  が 720 未満であれば、4 つの気筒についての噴射と着火がまだ一巡していないので、AD 変換終了後の割込み処理を続行する。

(3) カウント数  $\theta$  が 720 以上であれば、カウント数  $\theta$  を 0 にリセットする (S 7 2)。

【0032】次に、図 8 に示した DSP のメイン処理中における筒内圧処理 (S 2 1) の詳細について、図 13 に示すフローチャートを参照して説明する。図 13 は、図 8 に示す DSP のメイン処理における筒内圧処理を示すフローチャートである。

(1) 図 11 の S 5 5 において行われる燃焼順序  $i = 1$  の気筒 (# 1) の筒内圧力データ格納が終了しているか否かを判定する (S 8 0)。 $i = 1$  の気筒 (# 1) の筒内圧力データ格納が終了していないければ、S 8 4 に移行して、 $i = 2$  の気筒 (# 3) の筒内圧力データ格納が終了しているか否かを判定する。

(2) S 8 0 の判定で、 $i = 1$  の気筒の筒内圧力データ格納が終了していると、データにフィルタ処理を施す (S 8 1)。筒内圧力データは、大きく変動しているので、移動平均を取る等のフィルタ処理を施してノイズを除去し、滑らかな筒内圧力曲線を得る (図 2 参照)。

【0033】(3) 得られた圧力曲線から、熱発生率  $q$  の計算を行う (S 8 2)。熱発生率  $q$  は、次のようにして求められる。先ず、筒内容積  $V \theta$  は、次の式で表される。

【数 1】

$$V\theta = V_c + \pi \times \frac{B^2}{4} \times \left\{ L + \frac{S}{2} - \left( \frac{S}{2} \cos \theta_c + \sqrt{L^2 - \left( \frac{S}{2} \cos \theta_c \right)^2} \right) \right\}$$

5)、熱発生率  $q$  の計算 (S 8 6)、着火時期  $T_d$

(2) の計算 (S 8 7) の各ステップは、S 8 0 ~ S 8 3 と同様であるので、省略する。同様に、 $i = 3$  の気筒 (# 4) 及び  $i = 4$  の気筒 (# 2) についても同様の処理が行われる。なお、図 11 の処理は、クランク角度の割込みで各気筒の 10 燃焼行程分の筒内圧力データの格納が終わった状態で、フィルタ処理、熱発生率の計算、着火時期  $T_d$  (i) の計算の各ステップが行われる。

【0035】次に、着火時期  $T_d$  (i) の計算について図 14 に示すフローチャートを参照して説明する。図 14 は、図 13 に示す筒内圧処理における着火時期  $T_d$  (i) の計算処理を示すフローチャートである。 $i$  は、1 ~ 4 の値を取り得る燃焼番号であり、各  $i$  の値に対して共通の処理が行われる。また、 $\theta_c$  は各気筒の圧縮・爆発過程のクランク角度のカウント値であって、爆発行程上死点の前後  $180^\circ$  の範囲のクランク角度を  $0 \sim 359$  までカウントする。このフローチャートは、S 9 0 で示すように、 $\theta$  が 3 以上の場合に実行される (S 9 0)。S 8 2 や S 8 6 等において熱発生率  $q$  が既に求められているとする。また、図 16 に示すクランク角度の

カウント値  $\theta_c$  に対する熱発生率  $q$  のグラフを参照する。

(1) その時の燃焼順序  $i$  について,  $q(i) (\theta_c - 3)$  が負であるか否かを判定する (S 9 1)。

(2)  $q(i) (\theta_c - 3)$  が負であれば, クランク角度  $\theta$  が 1 カウントだけ進んだ時の  $q(i) (\theta_c - 2)$  が負であるか否かを判定する (S 9 2)。

(3)  $q(i) (\theta_c - 2)$  が負であれば, クランク角度  $\theta$  を更に 1 カウントだけ進んだ時の  $q(i) (\theta_c - 1)$  が正であるか否かを判定する (S 9 3)。

(4)  $q(i) (\theta_c - 1)$  が正であれば, クランク角度  $\theta$  を更に 1 カウントだけ進んだ時の  $q(i) (\theta_c)$  が正であるか否かを判定する (S 9 4)。

【0036】 (5)  $q(i) (\theta_c)$  が正であれば, 着火時期  $T_d(i)$  は,  $\theta_c - 2$  であるとする (S 9 5)。即ち, 図 16 に示すように, 連続する 4 つのクランク角度のカウント値で, 中間の時点である  $\theta_c - 2$  と  $\theta_c - 1$  の間で熱発生率  $q$  の符号が変化しているので, 着火時期  $T_d(i)$  を  $\theta_c - 2$  とみなす。実際は, ゼロクロス点は  $\theta_c - 2$  と  $\theta_c - 1$  の間であるので, 補間してゼロクロス点を求めてよい。また, 演算の精度が良好である場合には, 前後の 2 点で符号が負から正に変化してときをゼロクロス点として求めてよい。

(6) S 9 1 で  $q(i) (\theta_c - 3)$  が正のとき, S 9 2 で  $q(i) (\theta_c - 2)$  が正のとき, S 9 3 で  $q(i) (\theta_c - 1)$  が負のとき, 及び S 9 4 で  $q(i) (\theta_c)$  が負のときは, それぞれ燃料着火時期  $T_d(i)$  をクランク角度カウント値 0 の時期とする (S 9 6)。即ち,  $\theta_c - 2$  と  $\theta_c - 1$  の間で  $q$  の符号が変化するときのみ, S 9 5 で燃料着火時期  $T_d(i)$  が求められ, その以外の状況では, すべて燃料着火時期  $T_d(i)$  が 0 とされる。

(7) 燃料着火時期  $T_d(i)$  が 0, 即ち, クランク角度カウント値 0 の時期であるか否かを判定する (S 9 7)。

(8) 燃料着火時期  $T_d(i)$  が 0 であると,  $\theta$  を 1 増加する (S 9 8)。

(9)  $\theta_c$  が 360 で有るか否かを判定する (S 9 9)。即ち,  $\theta_c$  の取り得る範囲の最後のカウント値であるか否かを判定する。 $\theta_c$  にまだ計算すべき範囲が残っていれば, S 4 1 に戻って, 再度ルーチンを実行する。

【0037】 図 14 に示したフローチャートによって, 燃料着火時期  $T_d(i)$  が求まると, 実際の燃料着火時期が, 目標の燃料着火時期と一致するように, 各インジェクタにおける燃料噴射時期が修正される。その修正の仕方を, 図 15 に示す #1 に設けられたインジェクタ 3 1 を例に取って, 以下に説明する。図 15 は, 図 7 に示した B T D C 信号が入力されたときの割込み処理におけるインジェクタの噴射時期補正の処理を示すフローチャ

ートである。

(1) 図 5 に示す C P U のメイン処理において, 目標燃料噴射圧  $P_b$ , 目標燃料噴射量  $Q_b$ , 目標燃料噴射時期  $T_b$  が求められているので, それらの値を読み込む (S 1 0 0)。

(2) エンジンがアイドル運転状態であるか否かを判定する (S 1 0 1)。エンジンがアイドル運転状態にあるか否かは, エンジンの回転に関する各センサ, 特に B T D C センサ 9 から計算したエンジンの回転数や, アクセル開度センサ 1 1 の検出出力等に基づいて求められる。

(3) 着火時期遅れ等の予め求められているデータを用いて, 目標燃料着火時期  $T_r$  を読み込む (S 1 0 2)。

(4) S 9 5 で求めた燃料着火時期  $T_d(1)$  と S 1 0 2 で読み込んだ目標燃料着火時期  $T_r$  とから, 次の式によつて着火時期偏差  $\Delta T_e$  を求める (S 1 0 3)。括弧内の 1 は, 燃焼順序  $i = 1$  の気筒 (#1) に対する燃料着火時期, 及び着火時期偏差であることを表す。

$$\Delta T_e(1) = T_d(1) - T_r$$

(5) 燃料噴射時期の補正量  $\Delta \theta(1)$  を次の式によつて求める (S 1 0 4)。

$$\Delta \theta(1) \leftarrow \Delta \theta(1) + \Delta T_e \times G \theta$$

前回の補正量  $\Delta \theta(1)$  に対して, 着火時期偏差  $\Delta T_e$  に基づいて修正したものを, 今回の補正量  $\Delta \theta(1)$  としている。ただし,  $G \theta$  は, ゲインを表す。

(6) S 1 0 4 で求めた今回の燃料噴射時期の補正量  $\Delta \theta(1)$  に基づいて, 最終燃料噴射時期  $T_f(1)$  を次の式に基づいて求める (S 1 0 5)。

$$T_f(1) = T_b(1) + \Delta \theta(1) \times G_t$$

即ち, 目標燃料噴射時期  $T_b(1)$  に対して, 今回の燃料噴射時期の補正量  $\Delta \theta(1)$  にゲイン  $G_t$  を掛けたものを加算して, 最終燃料噴射時期  $T_f(1)$  を求める。

(7) 目標燃料噴射量  $Q_b$  及び目標燃料噴射圧力  $P_b$  から, 噴射パルス幅  $PW$  を計算する (S 1 0 6)。

(8) 燃料噴射時期, 噴射パルス幅を駆動パルス出力カウンタにセットする (S 1 0 7)。即ち, インジェクタ 3 1 に対する電磁弁を何時に且つどの程度の時間の間, 作動させるかを決定する。

【0038】 再度図 2 を参照すると, 時刻  $T_0$  に燃料噴射が行われて且つ噴射された燃料が着火すると, 筒内圧力  $P_c$  の上昇が若干緩やかになり, その後の着火によつて大きく増加する。この急上昇する筒内圧力  $P_c$  からクランク角度を正確に判断するのは困難であったが, 熱発生率  $q$  に着目すると, 上記のように, 実燃料着火時期を正確に求めることができる。即ち, 図 2 の中段のグラフに示す燃料噴射率  $R_f$  で燃料が燃焼室内に噴射されると, 下段の熱発生率  $q$  のグラフに示すように, 一旦は吸熱により負の熱発生率を示すが, その後, 正の熱発生率に変化する。熱発生率  $q$  は, 燃料噴射が行われた当初は若干低下する (燃料の気化による) が燃料の着火によつて熱発生率  $q$  が増加に転じ, 熱発生率  $q$  が負から正に転

じるゼロクロス時刻  $T_1$  を、燃料着火時期  $T_d$  とみなすことができる。時刻  $T_0$  から時刻  $T_d$  までの期間が燃料の着火遅れ期間に相当する。

【0039】以上のフローチャートの内容を図3を参照してまとめると、図3の上段の4つのグラフは、それぞれ気筒#1～#4のクランク角度の経過に伴う筒内圧力  $P_c$  の変化を表している。#1気筒、#3気筒、#4気筒、#2気筒の順で、次々と圧縮爆発行程を迎える。ある気筒が爆発行程を経過するときに、次の気筒は圧縮行程に入っている。#1気筒は基準気筒であるので、圧縮上死点前  $120^\circ$  で気筒判別信号が出力される。また、各気筒の圧縮上死点前  $60^\circ$  でBTDC信号が出力される。クランク角度のカウント値は、#1気筒の圧縮上死点で0であり、4サイクルエンジンであるので、クランク軸2回転、即ち、カウント値719で一巡する。#1気筒については、圧縮上死点前  $180^\circ$ 、即ち、カウント値にして540以上で、圧縮上死点後  $180^\circ$ 、即ち、カウント値にして180未満であるときに、#1気筒の筒内圧力データを格納する。格納されたデータに基づいてメンブ処理を圧縮上死点後  $180^\circ$  からの所定の時間内に演算し、次回のBTDC割込み信号に基づいてインジェクタ31の噴射弁駆動処理を行う。

#### 【0040】

【発明の効果】この発明によるエンジンの実燃料着火時期検出方法及びその装置は、上記のように構成されているので、次のような効果を奏する。即ち、この発明によるエンジンの実燃料着火時期検出方法及びその装置は、インジェクタによって気筒内に噴射された燃料が着火・燃焼するエンジンにおいて、前記気筒内の圧力を逐次検出すると共に前記気筒内の容積を逐次計算し、前記気筒内への前記燃料の噴射と前記気筒内の前記燃料の燃焼とによって変動する前記気筒内における熱発生率を、逐次検出された前記気筒内の前記圧力及び逐次計算された前記気筒内の前記容積並びにそれらの変化率から計算し、前記熱発生率が負から正に変化する時期を実燃料着火時期と決定している。また、エンジンの燃料噴射時期制御方法及びその装置では、各気筒に設けられるインジェクタに個体差があつても、上記のエンジンの実燃料着火時期の検出に従って気筒の筒内圧力から実燃料着火時期が求められ、実燃料着火時期が求められると、実際の燃料の着火が目標着火時期に行われるよう燃料噴射時期が補正されるので、目標噴射時期通りに燃料を噴射することが可能となる。実燃料着火時期にバラツキがなくなるので、排気ガス中に含まれるNO<sub>x</sub>又はスモークの量の減少に寄与することができる。特に、エンジンがアイドリング運転状態にあるときには、エンジン回転数が低いためにエンジンの運転状態が不安定となるが、この発明によれば、燃料噴射時期を制御することによって実燃料着火時期を目標燃料着火時期に合わせることができ、その結果、エンジンの回転を安定させると共にエン

ジン騒音を低減し、且つ排気ガス性能の向上を図ることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】この発明による燃料噴射時期制御装置が適用されるエンジンの一例を示す模式図である。

【図2】エンジンにおいて、クランク角度の経過に応じた筒内圧力、燃料噴射率、及び熱発生率の変化の様子を示したグラフである。

【図3】図1に示したエンジンの燃料噴射時期制御装置において、クランク角度の経過に伴う筒内圧力の変化及び各種信号の発生状況の概要を示すグラフである。

【図4】この発明によるエンジンの燃料噴射時期制御装置の概要を示すブロック図である。

【図5】図4に示したエンジンの燃料噴射時期制御装置のCPUのメイン処理を示すフローチャートである。

【図6】図5に示すメイン処理において気筒判別信号が入力されたときの割込み処理を示すフローチャートである。

【図7】図5に示すメイン処理においてBTDC信号が入力されたときの割込み処理を示すフローチャートである。

【図8】図4に示したエンジンの燃料噴射時期制御装置のDSPのメイン処理を示すフローチャートである。

【図9】図8に示すDSPのメイン処理におけるAD変換終了時の割込み処理を示すフローチャートである。

【図10】図9に示すAD変換終了時の割込み処理におけるクランク角度の初期化の処理を示すフローチャートである。

【図11】図9に示すAD変換終了時の割込み処理における筒内圧データのメモリへの格納処理を示すフローチャートである。

【図12】図9に示すAD変換終了時の割込み処理におけるクランク角度の更新処理を示すフローチャートである。

【図13】図8に示すDSPのメイン処理における筒内圧処理を示すフローチャートである。

【図14】図13に示す筒内圧処理における着火時期の計算処理を示すフローチャートである。

【図15】図7に示したBTDC信号が入力されたときの割込み処理におけるインジェクタの噴射時期補正の処理を示すフローチャートである。

【図16】図14に示す着火時期の計算処理の内容を説明するグラフである。

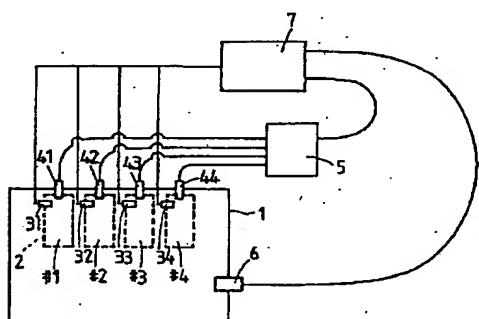
#### 【符号の説明】

- 1 エンジン
- 2 シリンダ
- 3, 31～34 インジェクタ
- 4, 41～44 圧力センサ
- 5 圧力信号処理装置
- 6 回転センサ

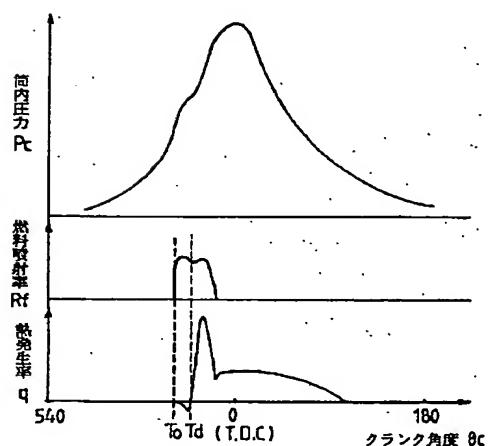
7 コントローラ  
 8 気筒判別センサ  
 9 BTDCセンサ  
 10 クランク角度センサ  
 14 CPU  
 15 DSP  
 P<sub>c</sub> 筒内圧力  
 CN<sub>b</sub> BTDC信号のカウント値

θ クランク角度のカウント値  
 θ<sub>c</sub> 気筒別クランク角度のカウント値  
 q 熱発生率  
 T<sub>b</sub> 目標燃料噴射時期  
 T<sub>r</sub> 目標燃料着火時期  
 T<sub>d</sub> 実燃料着火時期  
 T<sub>f</sub> 最終燃料噴射時期  
 Δθ 燃料噴射時期補正量

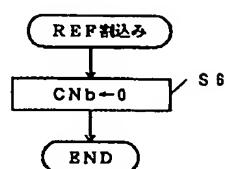
【図1】



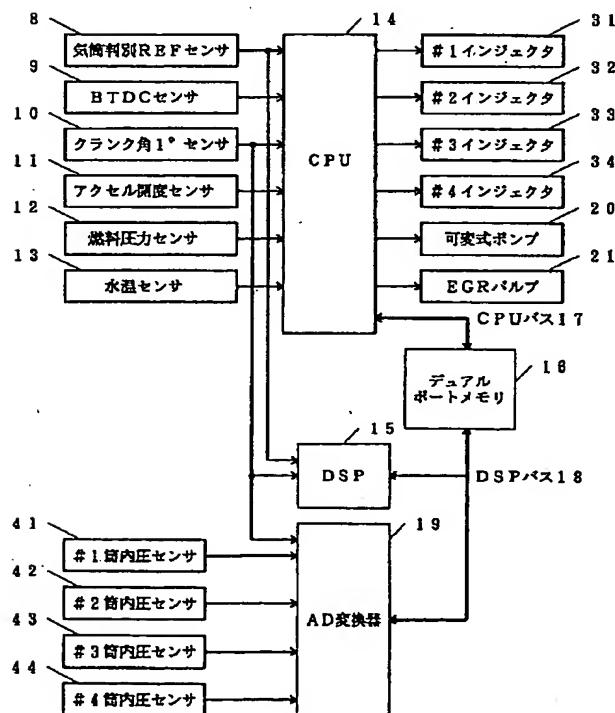
【図2】



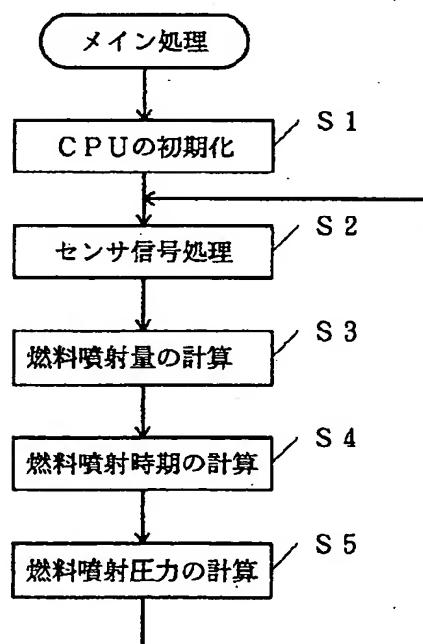
【図6】



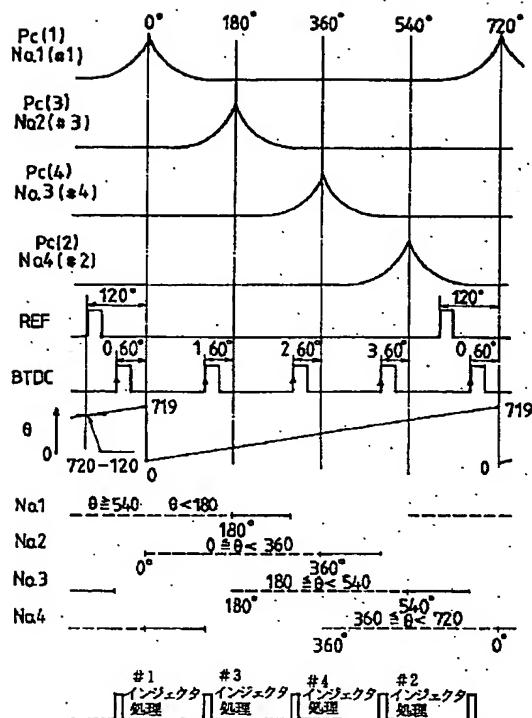
【図4】



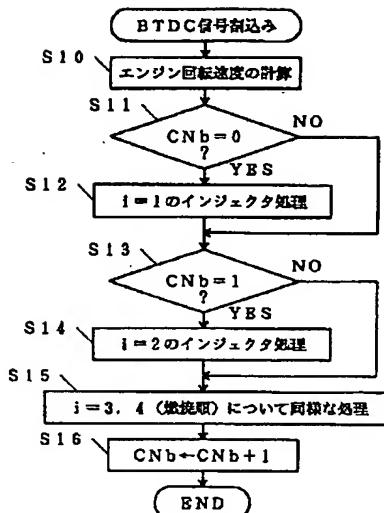
【図5】



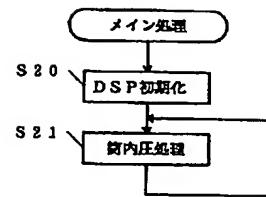
【図3】



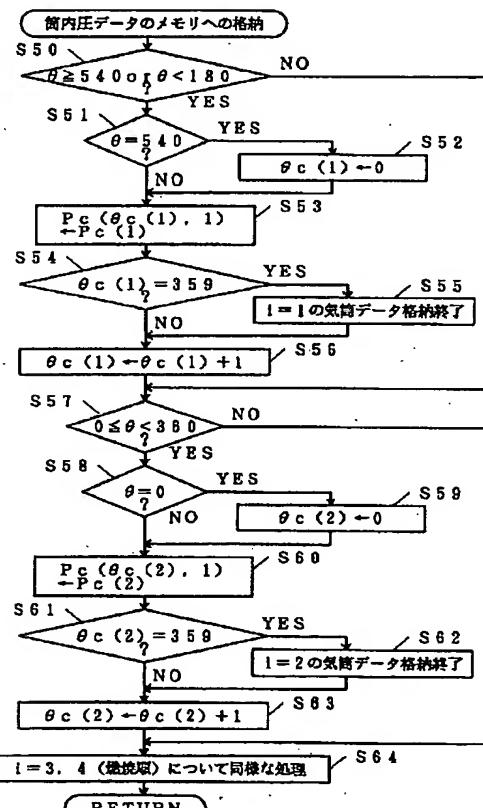
【図7】



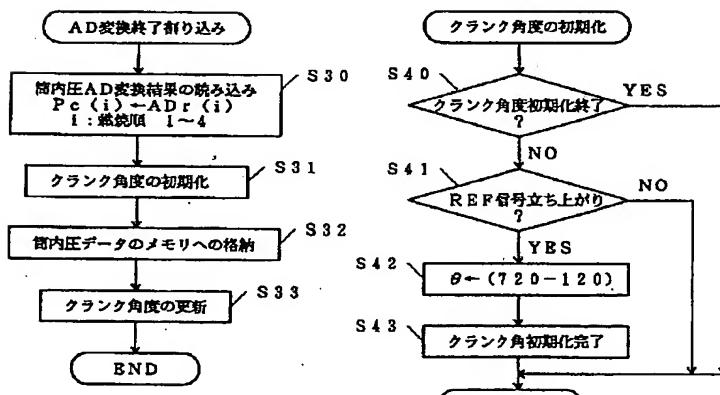
【図8】



【図11】

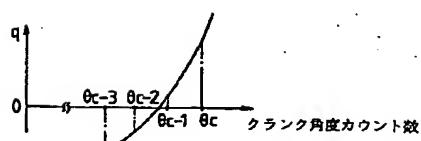


【図9】

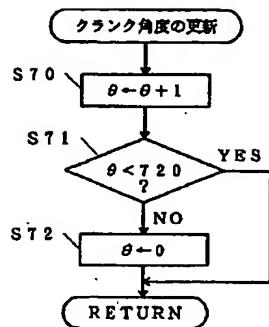


【図10】

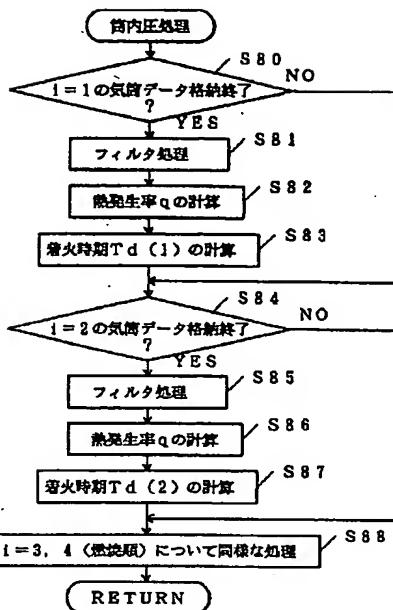
【図16】



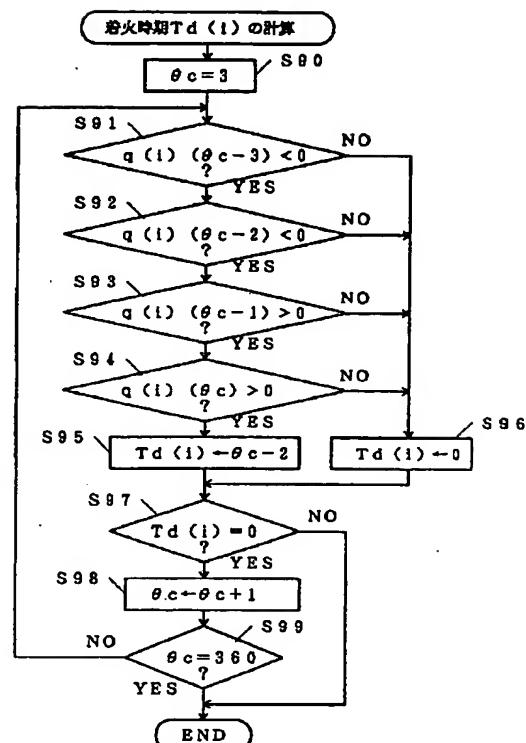
【図12】



【図13】



【図14】



【図15】

